Wilhelm Uhlemann.

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLV. Jahrgang. 1932. Sechstes Heft.

Wilhelm Volkmann
zu seinem sechzigsten Geburtstage.

„Sollte der Herr Minister Herrn Dr. Volkmann an die Staatliche Hauptstelle berufen, so würde er den rechten Mann an die rechte Stelle setzen", schrieb Hermann Hahn 1920, als für den Haushalt 1921 Mittel vorgesehen waren zur Beschäftigung eines wissenschaftlichen Beamten an der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Mit sicherem Blick hat Hahn seine Wahl zum größten Vorteil der Hauptstelle getroffen. In diesem Urteil soll eine ehrenvolle Anerkennung der ganzen Lebensarbeit Volkmanns ausgesprochen sein, die der große Kreis seiner Freunde, Mitarbeiter und Schüler ihm dankbar bestätigen wird, wenn es am 31. Dezember 1932 gilt, Volkmann zur Vollendung seines 60. Lebensjahres zu beglückwünschen. Die lange und überaus fruchtbare Mitarbeit an der Poskeschen Zeitschrift und die von Volkmann unermüdlich vorwärts getriebene Vereinfachung und Vervollkommnung des darbietenden Unterrichtsbetriebes in der Physik rechtfertigen eine zusammenfassende Würdigung seiner bedeutsamen Verdienste in unserer Zeitschrift. Das beigegebene Lichtbild soll nicht nur das vorliegende Heft schmücken, sondern auch allen Lesern, denen Volkmanns Persönlichkeit vertraut ist, einen herzlichen Gruß des Jubilars übermitteln.

Karl Bernhard Wilhelm Volkmann wurde am 31. Dezember 1872 zu Mewe in Westpreußen als Sohn eines Pfarrers geboren. Beide Eltern, die schon im Jahre darauf nach Cottbus übersiedelten, starben kurz hintereinander, als Wilhelm noch nicht 8 Jahre alt war. Er kam in das Haus seines Oheims, des Missionsinspektors Julius Wendland nach Berlin und besuchte das Sophiengymnasium bis zur Reifeprüfung. Direktor W. Th. Paul, ein klassischer Philologe, leitete die Anstalt. Als Lehrer der Mathematik und Physik war F. Bussler tätig, der mehr zur Mathematik als zur Physik neigte und in vorgerücktem Lebensalter nicht mehr viel Anregung bot. Eine Zeitlang wirkte auch J. Tropfke, der bekannte Verfasser der Geschichte der Elementarmathematik, damals in seinen Anfängerjahren am Sophiengymnasium; er unterrichtete Volkmann in Physik, und der frühere Zögling gedenkt gern des viel und gut experimentierenden jungen Lehrers. Volkmann entwickelte sich in seiner Schulzeit zum eifrigen Bastler. Er baute physikalische und chemische Apparate und war darauf bedacht, die Ausführung der ihm nachahmenswert erscheinenden Vorbilder möglichst einfach zu gestalten. Den ehemaligen Mitschülern ist seine ungewöhnliche Handfertigkeit bis heute lebhaft in der Erinnerung geblieben. Für Volkmann selbst war der Drang zum Basteln ein Ringen um anschauliche Auffassung von Naturvorgängen, die nur begrifflich zu erfassen ihn nicht befriedigen konnte.

Zu seiner wissenschaftlichen Ausbildung bezog Volkmann die Universitäten Berlin und Königsberg i. Pr. Er hörte Vorlesungen über Physik, Chemie, Mathematik, Philosophie und beteiligte sich an physikalischen und chemischen Übungen. In Berlin beeinflußten ihn E. Warburg und M. Planck am stärksten, und später trat er auch zu H. Rubens in nähere Beziehung. A. Kundt ließ ihn schon nach halbjährigem Besuche der Experimentalvorlesung zu den von E. Blasius geleiteten physikalischen Übungen zu. Die zunächst mit eigenen bescheidenen Werkzeugen in Bastelmanier entwickelten

Seilwellenversuche führte er im Physikalischen Institut vor, und Warburg hob in der anerkennenden Beurteilung einer zusammenfassenden Ausarbeitung darüber hervor, daß die Versuche didaktisch Neues enthielten. In Königsberg, wo Volkmann in der mechanischen Werkstatt des physikalischen Universitätsinstituts die Grundzüge der Metallbearbeitung erlernte, schloß er sich vor allem an seinen dort als Ordinarius für theoretische Physik wirkenden Oheim Paul Volkmann an; auch von E. Wiechert empfing er nachhaltige Anregungen.

Während der Studienzeit in Berlin wurde ich zuerst mit Volkmann bekannt. Wir trafen uns als Mitglieder des Mathematischen Vereines der Universität Berlin. Diese Zeit gewissenhafter Arbeit und zugleich fröhlicher Geselligkeit, die damals eine große Zahl strebsamer Jünglinge im M. V. gemeinsam durchlebte — so mancher von ihnen steht heute an hervorragender Stelle in Amt und Würden —, läßt sich am besten durch den Namen des als Hochschulprofessor für Mathematik allzu früh verstorbenen Gerhard Hessenberg kennzeichnen. Zu dem Freundeskreis um Hessenberg gehörten Volkmann und ich. Die Eigenart Volkmannscher Vorträge im Verein ist mir noch genau im Gedächtnis. Er entwarf keine Bilder, sondern ließ in übersichtlichen Versuchsanordnungen die Wirklichkeit selbst ablaufen. Es ging ihm ebenso wie E. Mach, der es nicht ertragen konnte, wenn sein Bleistift klüger war als er selbst. Am meisten in Erstaunen setzten die Hilfsmittel, die Volkmann bei seinen Darbietungen benutzte. Gegenstände des täglichen Gebrauches, Abbauteile billiger Fertigwaren und halbfertige Massenware fanden Verwendung zum Erzielen verblüffender Wirkungen. Kein Gegenstand, der in den entlegensten Kellerläden zum Verkauf stand, war vor Volkmanns Zugriff sicher. Spielend gelangen ihm Stegreifversuche. Seine Seilwellen zeigte er auch im M. V. Die Vielseitigkeit und Klarheit der Vorträge machte sich der Vereinsvorstand zunutze; wenn anderswo Gastvorträge gehalten werden mußten, wurde Volkmann dahin „ausgeborgt".

Die Dissertation, mit der Volkmann in Berlin zum Dr. phil. promoviert wurde, führt den Titel: „Die beste Gestalt für die Spulen eines Nadelgalvanometers". Maxwell hatte formal eine Theorie gegeben, wie durch Abstufung der Drahtdicke der Wickelraum auszunutzen sei; in diesem Schema war aber nur die Feldstärke im Mittelpunkt beachtet. Volkmann wies nach, daß man in Wirklichkeit die Feldstärke dort, wo sich die Pole der Nadel befinden, beachten müsse, und entwickelte ein Verfahren, experimentell die Unterlagen für die Berechnung der besten Spulen zu gewinnen. Einige Galvanometer konnten dadurch beträchtlich verbessert werden.

Nach Beendigung seiner Studien war Volkmann 11 Jahre Assistent am Physikalischen Kabinett der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin. Hier sollte er in einem unzureichend ausgestatteten Hörsaal, der außer der Physik noch vielen anderen Zwecken diente, die physikalischen Vorlesungen vorbereiten, obwohl der Raum täglich erst eine Stunde vorher frei wurde. War alles „auf Tippen" aufgebaut, so konnte es geschehen, daß der Versuch doch bei der Vorführung „nicht ging", weil die Erschütterungen, die unvermeidlich waren, wenn die Studierenden ihre Plätze einnahmen, die sorgfältig auf- und eingestellten Vorrichtungen in Unordnung gebracht hatten. R. Börnstein führte seine Versuche sicher und fast stets selbst vor. Handelte es sich aber um eine von seinem Assistenten ausgearbeitete Versuchsweise, so überließ er gelegentlich ihm die Darbietung. Auch physikalische Übungen waren abzuhalten. Der verfügbare Raum war so eng, daß auch der bescheidenste Platz ausgenutzt werden mußte, und eine feste Aufstellung der Apparate war ausgeschlossen. Diese ganzen Schwierigkeiten zwangen Volkmann zu Improvisationen, und in dem Bestreben, die Widerwärtigkeiten doch zu überwinden, vervollkommnete er systematisch sein schon früher mehrfach angewandtes Verfahren, Versuchsanordnungen aus vielseitig verwendbaren, selbständigen Apparatenteilen zusammenzustellen. Mit Unterstützung der Berliner Universität richtete Börnstein an der Landwirtschaftlichen Hochschule Übungen mit Unterrichtsapparaten für künftige Lehrer ein. Über seine Assistentenpflichten hinaus

half Volkmann bei der Vorbereitung, Entwicklung und Leitung dieser Übungen. Er kam zu einer kritischen Prüfung der für Schulversuche in der Physik überhaupt vorhandenen Hilfsmittel und begann mit seinen Bemühungen zu einer umfassenden Umgestaltung des für physikalische Darbietungen gebräuchlichen Materials. Auch die Hochschulwerkstatt entwickelte Volkmann zu ernsthafter Leistungsfähigkeit, und als endlich in der Landwirtschaftlichen Hochschule ein großer Neubau aufgeführt wurde, fielen ihm die Entwürfe für die ganze Inneneinrichtung und ein großer Teil der Bauüberwachung zu. Wer mit Volkmanns Art der Gestaltung vertraut ist, erkennt seine „Handschrift" im Physikalischen Institut der Berliner Landwirtschaftlichen Hochschule noch heute auf Schritt und Tritt wieder.

Vier Sommerhalbjahre hindurch war Volkmann eine selbständige Experimentalvorlesung im Institut für Zuckerforschung übertragen. Nach kurzer Assistententätigkeit an der Technischen Hochschule Berlin, wo er F. Dolezalek bei den physikalischen Anfängerübungen zu helfen hatte, ging er ganz zu praktischer Tätigkeit in der Industrie für wissenschaftliche Apparate und Lehrmittelerzeugung über.

Die eingehende Beschäftigung mit Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts hatte Volkmann schon frühzeitig in enge Beziehungen zu den Schulphysikern gebracht, die in Berlin in dem 1882 gegründeten Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zusammengeschlossen waren. Der Mitgründer und langjährige Vorsitzer des Vereins, R. Heyne, forderte Volkmann auf, die kurz zuvor in der Zeitschrift „Natur und Schule" veröffentlichten Seilwellenversuche im Vereine zu zeigen. Das geschah, und nun war ein Mitglied gewonnen, das sich mit ungewöhnlichem Eifer im Vereine betätigte. Seine zahlreichen Vorträge, die stets Neues boten und oft genug die geübtesten Experimentatoren durch eigenartige Darbietungen überraschten, erregten schnell Aufsehen. Bald zog ihn F. Poske zur Mitarbeit an der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht heran. Seit 1905 hat Volkmann nicht nur eine lange Reihe selbständiger Beiträge neben zahlreichen Berichten und Besprechungen für die Zeitschrift geliefert, sondern er unterstützte auch die Schriftleitung durch gutachtliche Tätigkeit in solchem Umfange, daß er schon Jahrzehnte hindurch wesentlichen Anteil an dem von der Zeitschrift gesteuerten Kurs hat. Im Jahre nach der Begründung der Hauptstelle wurde er mit der Leitung der hier als feste Veranstaltung eingerichteten Lehrgänge in Übungen zur Ausführung von physikalischen Schulversuchen beauftragt, nachdem er früher mehrfach bei Ferienkursen des Staates und Fortbildungskursen der Stadt Berlin mitgewirkt und an der Ausarbeitung eines Musterverzeichnisses für Physik sich beteiligt hatte. Als Leiter eines industriellen Versuchslaboratoriums und in Ausführung der übrigen ihm erteilten Aufträge wurde er immer mehr der bald allgemein anerkannte Physikberater der Schulen.

Wie zu Anfang erwähnt, erhielt Volkmann 1921 seine Anstellung als Studienrat an der Staatlichen Hauptstelle. Als Hermann Hahn mit dem Antrage dazu beschäftigt war, sagte er zu mir: „Einen solchen Mann darf sich die Hauptstelle nicht entgehen lassen". In dieser Äußerung sehe ich die treffendste Kennzeichnung Volkmanns. 1925 wurde er zum Oberstudienrat ernannt.

Soll Volkmanns bisherige Lebensarbeit auf eine kurze Formel gebracht werden, so halte ich die Fassung für geeignet: Ausbau der gesamten Technik des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In dem Bestreben, darbietende Versuche von allem überflüssigen Ballast zu befreien und den Ablauf der Vorgänge möglichst durchsichtig zu gestalten, entwickelt er schon während der Studienzeit seine Seilwellenversuche und arbeitet dann die Hilfsmittel dafür mit einer kleinen Mechanikerwerkstatt fabrikationsgerecht um. Mit demselben Mechaniker beginnt er die Ausarbeitung seines Präzisionsstativs, das im Laufe der Jahre ständig erweitert und vervollkommnet wird. Er baut eine Projektionseinrichtung, verbessert sie im Rahmen der gebräuchlichen Hilfsmittel, gibt die herkömmlichen Lichtquellen auf und entwickelt leistungsfähige Projektionsverfahren mit neuzeitlichen Lampen, zu deren Herstellung er die Industrie anregt.

Sachgemäßes Projizieren erfordert Kenntnis der Linsenoptik. Die zu ihrem Studium nötigen Vorrichtungen lehrt Volkmann mit einfachstem Werkzeug herstellen, und er pflegt die Ausführung von Versuchen mit den geringsten dafür brauchbaren Hilfsmitteln, weil an ihnen die Geschicklichkeit am meisten geübt wird und die Trennung des Wesentlichen und Beiläufigen sich am besten ausdrücken läßt. Für ein Schulfernrohr wird ein allen Anforderungen an Zweckmäßigkeit und Billigkeit entsprechendes Modell entworfen. Die Auskunfterteilung veranlaßt eingehende Untersuchungen über den Raumbedarf für den naturwissenschaftlichen Unterricht und die Innenausrüstung, wobei besonders die Versorgung mit Elektrizität neue Gesichtspunkte liefert. Um die Vereinheitlichung der naturwissenschaftlichen Unterrichtsmittel und Schuleinrichtungen richtig angreifen zu können, verwendet Volkmann größte Mühe auf seine Mitarbeit im Normenausschuß der Deutschen Industrie. Kurz, wo man sein Tun auch betrachten mag, überall zielt er auf technische Vervollkommnung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Das zeigt am umfassendsten das folgende Verzeichnis seiner Veröffentlichungen, wo Bücher und Beiträge in Zeitschriften unterschiedslos nebeneinander gestellt sind[1].

1. Ein neuer Registrierapparat für Windrichtung. Z. Instrumentenkde **20**, 237—239 (1900). — 2. Versuche über das hygroskopische Verhalten verschiedener Papiere (gemeinsam mit W. Brennecke). Dtsch. Mech. Ztg. **1900**, 203. — 3. Über Zugkraftversuche an Augenmagneten. Klin. Mbl. Augenheilk. **39**, 417—423 (1901). — 4. Nebenschlußkasten für Galvanometer. E.T.Z. **1901**, H. 33, 1, 2. — 5. Die Theorie der Augenmagnete. Klin. Mbl. Augenheilk. **40**, 1—24 (1902). — 6. Ein neuer Augenmagnet. Kl. Mbl. Augenheilk. **40**, 113—116 (1902). — 7. Neue Augenmagnete. Kl. Mbl. Augenheilk. **40**, 353—358 (1902). — 8. Ein neues Geradsichtprisma und ein neues Flüssigkeitsprisma. Ann. Physik, IV. F. **8**, 454—458 (1902). — 9. Neue Seilwellenversuche. Nat. u. Sch. **1**, 273—282, 342—350 (1902). — 10. Folgerungen für die Praxis aus der Theorie der Augenmagnete. Bericht über die 30. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft. Heidelberg **1902**, 91—104. — 11. Nebenschlußkasten zum Drehspulgalvanometer. Ann. Phys., IV. F., **10**, 217—221 (1903). — 12. Kleine Neuerungen an der Ablesung mit Spiegel und Fernrohr. Ann. Phys., IV. F., **11**, 654, 655 (1903). — 13. Anmerkungen zu Prof. Dr. Th. Edelmanns Untersuchungen über die beste Form des Prof. Schlösserschen Augenmagneten. Klin. Mbl. Augenheilk. **41**, 444—448 (1903). — 14. Neue Formen meiner Augenmagnete. Klin. Mbl. Augenheilk. **41**, 217—222 (1903). — 15. Über die Bedingungen, unter denen die elektrische Ladung eines Luftballons zu seiner Zündung führen kann. Ill. aëron. Mitt. **7**, 399—405 (1903). — 16. Über die Bedingungen, unter denen die Ortsveränderung eines Ballons elektrische Ladungen auf ihm hervorbringen kann. Ill. aëron. Mitt. **8**, 121—130 (1904). — 17. Ein Geisermodell. Z. phys. chem. Unt. **18**, 158 (1905). — 18. Zur Demonstration der Lichtbrechung. Z. phys. chem. Unt. **18**, 286 (1905). — 19. Versuche mit Lametta. Z. phys. chem. Unt. **18**, 286—289 (1905). — 20. Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen (Physikalischer Baukasten). VII und 96 Seiten. Berlin: Julius Springer 1905. — 21. Der Projektionsapparat und sein Platz im Hörsaal. Z. phys. chem. Unt. **19**, 7—10 (1906). — 22. Das Tellurium in der Schule. Z. Lehrm. päd. Lit. **2**, 74—79 (1906). — 23. Zwei Versuche zur Erläuterung astronomischer Bewegungen. Z. phys. chem. Unt. **19**, 283—285 (1906). — 24. Ein objektiver Beugungsversuch zur Abbeschen Theorie des Mikroskops. Z. phys. chem. Unt. **20**, 23—26 (1907). —

[1] Abkürzungen. Z. Instrumentenkde. Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin: Julius Springer). — Dtsch. Mech. Ztg. Deutsche Mechanikerzeitung (Berlin: Julius Springer). — Klin. Mbl. Augenheilk. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde (Stuttgart: Ferdinand Enke). — E.T.Z. Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin: Julius Springer). — Ann. Phys. Annalen der Physik [IV. Folge] (Leipzig: Johann Ambrosius Barth). — Nat. u. Sch. Natur und Schule (Leipzig: B. G. Teubner). — Ill. aëron. Mitt. Illustrierte aëronautische Mitteilungen (Straßburg i. E.: K. J. Trübner). — Z. phys. chem. Unt. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht (Berlin: Julius Springer). — Z. Lehrm. päd. Lit. Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Literatur (Wien: A. Pichler). — Naturwiss. Wschr. Naturwissenschaftliche Wochenschrift [Neue Folge] (Jena: G. Fischer). — Physik. Z. Physikalische Zeitschrift (Leipzig: S. Hirzel). — Dtsch. Z. Luftschiff. Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt (Berlin: Klasing u. Co). — Verh. Dtsch. physik. Ges. Verhandlungen der Deutschen physikalischen Gesellschaft (Braunschweig: F. Vieweg & Sohn). — Mech. Der Mechaniker (Berlin-Nikolassee: F. u. M. Harrwitz). — Nat. Aus der Natur (Leipzig: Quelle und Meyer). — Dtsch. opt. Wschr. Deutsche optische Wochenschrift (Berlin: A. Ehrlich). — Z. Mikrosk. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik (Leipzig: S. Hirzel). — Naturwiss. Mh. Monatshefte für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Leipzig: B. G. Teubner). — Z. angew. Chem. Zeitschrift für angewandte Chemie (Berlin: Verlag Chemie). — Chem. Fabrik. Die chemische Fabrik [Wirtschaftlicher Teil der Zeitschrift für angewandte Chemie] (Berlin: Verlag Chemie). — Mschr. höh. Schul. Monatsschrift für höhere Schulen (Berlin: Weidmann).

25. Pappkästen für physikalische Sammlungen. Z. phys. chem. Unt. **20**, 108 (1907). — 26. Objektive Darstellung sekundärer Spektren. Z. phys. chem. Unt. **20**, 169, 170 (1907). — 27. Elektrische Fingerregel. Z. phys. chem. Unt. **21**, 40 (1908). — 28. Waage und Wägungsart zur genauen Gewichtsvergleichung. Dtsch. Mech. Ztg. **1908**, 201—204. — 29. Die Interferenzfarben dünner Blättchen. Z. phys. chem. Unt. **22**, 32—38 (1909). — 30. Eine merkwürdige Resonanzerscheinung. Naturwiss. Wschr. N. F. **7**, 734 (1909). — 31. Über einen zuverlässigen Interferenzspiegel und ein einfaches Interferenzprisma. Z. phys. chem. Unt. **22**, 94—96 (1909). — 32. Die Brewsterschen Interferenzstreifen. Z. phys. chem. Unt. **22**, 173, 174 (1909). — 33. Eine billige Linsenfassung. Billige und handliche Vorschaltwiderstände. Neue Formen meiner Rohrstative und Kreuzmuffen. Uhrmacherwerkzeug als Laboratoriumsgerät. Physik. Z. **10**, 645—647 (1909). — 34. Ein Lichtzeiger für objektive Spiegelablesung. Verh. Dtsch. physik. Ges. **12**, 533—537 (1910); Physik. Z. **11**, 814—816 (1910); Z. phys. chem. Unt. **24**, 17—19 (1911). — 35. Praxis der Linsenoptik in einfachen Versuchen zur Erläuterung und Prüfung optischer Instrumente. 1. Aufl. VII und 166 Seiten, 36 Abb., 4 Tafeln, 1910. 2. Aufl. VIII und 199 Seiten, 50 Abb., 4 Tafeln, 1929; daraus als Sonderdruck: Übungen zur Linsenoptik (Berlin: Gebrüder Borntträger). — 36. Das Luftschiff im erdelektrischen Felde. Dtsch. Z. Luftschiff. **1910**, 24, 25. — 37. Die Leistungsgrenze der Spiegelablesung. Physik. Z. **12**, 30—32 (1911); Z. phys. chem. Unt. **24**, 165, 166 (1911). — 38. Eine einfache schütterfreie Aufhängung. Physik. Z. **12**, 75 (1911). — 39. Die zweckmäßige Größe des Galvanometerspiegels. Physik. Z. **12**, 76, 77 (1911). — 40. Die beste Gestalt für die Spulen eines Nadelgalvanometers. Verh. Dtsch. physik. Ges. **13**, 172—178 (1911); Mech. **20**, 133, 147, 159 (1911). — 41. Über Spiegelablesung mit mehrfacher Spiegelung. Physik. Z. **12**, 183, 184 (1911). — 42. Über Versuche, die Spiegelablesung zu verfeinern. Physik. Z. **12**, 223, 224 (1911). — 43. Eine lehrreicher Pendelversuch. Z. phys. chem. Unt. **24**, 157 (1911). — 44. Über den Fresnelschen Interferenzspiegel und eine zuverlässige Form desselben. Z. phys. chem. Unt. **24**, 218 bis 220 (1911). — 45. Kleine Verbesserungen an Schiebewiderständen. Neue Klemmenformen. Zwei Ablesemikroskope. Physik. Z. **12**, 733—735 (1911). — 46. Einfache Versuche über Linsenfehler und ihre Beseitigung. Z. phys. chem. Unt. **25**, 201—208 (1912). — 47. Anleitung zu den wichtigsten physikalischen Schulversuchen. VII und 266 Seiten, 262 Abb. Berlin: R. Mückenberger 1912. — 48. Die Projektion in der Schule. Nat. **10**, 130—135, 196—201, 322—328, 440—447, 609—612 (1913). — 49. Versuche mit ungewöhnlich starken Thermoströmen. Verh. Dtsch. physik. Ges. **16**, 72 (1914); Z. phys. chem. Unt. **28**, 25—27 (1915). — 50. Über lichtstarke Spektrographen und Monochromatoren. Verh. Dtsch. physik. Ges. **16**, 69—72 (1914). — 51. Über das Verhältnis der geometrischen Optik zum physikalischen Schulunterricht. Nat. **12**, 245—252 (1915). — 52. Veränderliche Schulwiderstände. Nat. **12**, 454—456 (1915). — 53. Die numerische Apertur eines Mikroskops und ihre Messung. Dtsch. opt. Wschr. **1**, 832—834 (1916). — 54. Über den angeblichen Astigmatismus des El Greco. Dtsch. opt. Wschr. **2**, 101, 102 (1917). — 55. Photographische Versuche. Nat. **14**, 40—42 (1917). — 56. Dunkelkammerbeleuchtung. Photographie für alle; 1919. — 57. Die Vergrößerung der Lupe. Dtsch. opt. Wschr. **4**, 121, 122 (1919). — 58. Ergänzungen zur optischen Bank. Z. Mikrosk. **37**, 46—48 (1920). — 59. Messung von Linsenkrümmungen. Dtsch. opt. Wschr. **5**, 432, 433 (1920). — 60. Starke Magnete. Dtsch. opt. Wschr. **5**, 123—125, 452—454 (1920). — 61. Eine Bogenglühlampe. Neonglimmlampe und Gleichrichter. Z. phys. chem. Unt. **34**, 37, 38 (1921). — 62. Die Messung der Längenänderung beim Erwärmen. Eine Schülerübung. Z. phys. chem. Unt. **34**, 70, 71 (1921). — 63. Der Bildausschnitt im Projektionsdiapositiv. Naturwiss. Mh. **20**, 110—113 (1921); Dtsch. opt. Wschr. **6**, 428, 429 (1921). — 64. Das Format der Diapositive. Mitteilungen des Normenausschusses der Deutschen Industrie. **4**, 200, 201 (1921). — 65. Vereinheitlichung von Lehrmitteln und Schuleinrichtungen. Naturwiss. Mh. **20**, 146—149 (1921). — 66. Das Schulfernrohr für Himmelsbeobachtungen. Dtsch. opt. Wschr. **6**, 834, 835 (1921); Z. phys. chem. Unt. **35**, 21—23 (1922); Naturwiss. Mh. **21**, 78—80 (1922). — 67. Eine Prüftafel für Fernrohre. Dtsch. opt. Wschr. **6**, 784, 785 (1921); Z. phys. chem. Unt. **34**, 264—266 (1921). — 68. Stabilität der Stative. Z. angew. Chem. **34**, 520, 521 (1921). — 69. Abbildungsschärfe beim Sehen, Photographieren und Projizieren. Dtsch. opt. Wschr. **6**, 820 (1921). — 70. Diapositiv und Kondensor. Naturwiss. Mh. **21**, 104—107 (1922). — 71. Normen für Luftpumpenglocken. Naturwiss. Mh. **21**, 22 (1922); Z. phys. chem. Unt. **35**, 30 (1922). — 72. Einfache Vorrichtung zum Prüfen von Momentverschlüssen. Dtsch. opt. Wschr. **7**, 792, 793 (1922). — 73. Beiträge zu optischen Schulversuchen. Z. phys. chem. Unt. **36**, 26—29 (1923). — 74. Kleintransformatoren. Z. phys. chem. Unt. **36**, 133 (1923). — 75. Momentaufnahme fallender Tropfen. Z. phys. chem. Unt. **36**, 110, 111 (1923). — 76. Zum Sieden bei verschiedenem Druck. Z. phys. chem. Unt. **36**, 111—113 (1923). — 77. Nachweis kleiner Spannungen mit dem Elektroskop. Z. phys. chem. Unt. **36**, 113, 114 (1923). — 78. Erfahrungen mit dem Schulfernrohr für Himmelsbeobachtung. Z. phys. chem. Unt. **36**, 214 (1923). — 79. Die Schrift „Erziehung zur sparsamen Brennstoffverwendung", 56 S., 27 Abb., enthält S. 38—56: Anleitung für die Behandlung des Lehrstoffes im Physik- und Chemieunterricht, mit 13 Abb. Verlag der Hauptstelle für Wärmewirtschaft in Darmstadt 1923, neue Aufl. 1925. — 80. Die elektrische Anlage in der Schule. Z. phys. chem. Unt. **37**, 251—256 (1924). — 81. Der physikalische Experimentiertisch. Naturwiss. Mh. **22**, 245—247 (1925). — 82. Ein Gewichtsmonochord. Z. phys. chem. Unt. **38**, 291, 292 (1925). 83. Normung, Papierformat, Schulbuch. Naturwiss. Mh. **23**, 106—111 (1926). — 84. Über Gasabzüge und Lockflammen. Z. phys. chem. Unt. **39**, 143 (1926). — 85. Fadenmodelle zusammengesetzter Waagen. Z. phys. chem. Unt. **39**, 162, 163 (1926). — 86. Seilwellenversuche. Z. phys. chem. Unt. **39**, 240, 241

(1926). — 87. Über Verdunkelungen durch Zugvorhänge. Z. phys. chem. Unt. **40**, 209, 210 (1927). — 88. Ein neuer Stativfuß. Z. phys. chem. Unt. **40**, 115, 116 (1927). — 89. Versuch über die Sichtbarkeit der Sterne bei Tage. Himmelswelt **37**, 270, 271 (1927) (Berlin: F. Dümmler). — 90. Die Linsenoptik in der Schule. Anleitung zu den Versuchen und zur rechnenden Behandlung. 104 S., 85 Abb., H. 12 der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft. Berlin: Julius Springer 1927. — 91. Die Berechnung des Raumbedarfs für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht. 73 S., 32 Abb., H. 9 der Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Leipzig: Quelle und Meyer 1928. — 92. Normen chemischer Glasgeräte. Naturwiss. Mh. **25**, 109—111 (1927); Chem. Fabr. **1928**, Nr. 12. — 93. Der Stativfuß. Chem. Fabr. **1**, 361, 598 (1928). — 94. Über die Gestalt von Muffen und Klemmen. Chem. Fabr. **1**, 631—633 (1928). — 95. Ein neues Wandgalvanometer. Z. phys. chem. Unt. **42**, 67—70 (1929). — 96. Über die Form der Abdampfschalen, Kasserolen und Tiegel aus Porzellan. Chem. Fabr. **2**, 408, 409 (1929). — 97. Elektrische Maschinen. Versuche für Übungen und Lehrvortrag (zusammen mit K. Schmidt), 75 S., 47 Abb., H. 14 der Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft. Berlin: Julius Springer 1929. — 98. Linsenformel, Brennweite und virtuelles Bild. Z. phys. chem. Unt. **43**, 58—60 (1930). — 99. Über Unterrichtsräume, die zugleich für Übungen eingerichtet sind. Z. phys. chem. Unt. **43**, 129—132 (1930). — 100. Die Leistungsfähigkeit kleiner Instrumente bei der astronomischen Photographie. Z. phys. chem. Unt. **43**, 169 (1930). — 101. Kosten der Ausrüstung der Physikräume. Z. phys. chem. Unt. **43**, 279, 280 (1930). — 102. Die elektrische Schulausrüstung, mit Anhang: Die Glühlampe im Bildwerfer und im optischen Versuch. 95 S., 37 Abb., H. 12 der Mitteilungen der Preußischen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Leipzig: Quelle und Meyer 1930. — 103. Über die Gestalt der Klemmen. Chem. Fabr. **4**, 62, 63 (1931). — 104. Normung chemischer Glasgeräte. Z. phys. chem. Unt. **44**, 72—75 (1931). — 105. Schullampen. Z. phys. chem. Unt. **44**, 159—161 (1931). — 106. Bemerkungen zur Wilberforceklammer. Chem. Fabr. **4**, 218 (1931). — 107. Die neuen Bestimmungen über Zahl und Größe naturwissenschaftlicher Schulräume. Mschr. höh. Schul. **30**, 496—499 (1931). — 108. Zur Ostwaldschen Farbenlehre. Z. phys. chem. Unt. **44**, 261—265 (1932). — 109. Zu Galileis Pendelformel. Z. phys. chem. Unt. **45**, 25—28 (1932). — 110. Herstellung der Paraffinplatten für Tyndalls Versuch über spezifische Wärme. Z. phys. chem. Unt. **45**, 75, 76 (1932). — 111. Die Messung der Zug- und Druckkomponenten auf der schiefen Ebene. Z. phys. chem. Unt. **45**, 107, 108 (1932). — 112. Wilhelm Ostwald †. Z. phys. chem. Unt. **45**, 169—171 (1932). — 113. Geschwindigkeit und Beschleunigung. Z. phys. chem. Unt. **45**, 201—203 (1932). — 114. Zum Foucaultschen Pendelversuch **45**, 261 (1932).

Für die Fortschritte der Physik referierte Volkmann von 1897 bis 1910 über Magnetismus, Elektrooptik und Magnetooptik. Die fast unübersehbare Zahl seiner Besprechungen und Anzeigen verfaßte er vor allem für die Poskescher Zeitschrift, aber auch für viele andere Fachblätter.

Von einem im Amte stehenden Manne, der über seine Berufspflichten hinaus noch schriftstellerisch tätig ist, sagt man bisweilen, er habe neben allem übrigen Schaffen „Muße“ gefunden für literarische Arbeiten. In Volkmanns ganzem Leben kann zu keiner Zeit von einer wirklichen Muße die Rede sein. Er hat einfach die schon beträchtliche Stundenzahl seiner täglichen Arbeitszeit so vergrößert, daß die Veröffentlichungen auch bewältigt wurden. Das Verzeichnis der Abhandlungen und Bücher beweist zugleich rastlosen Fleiß und erstaunliche Vielseitigkeit. Gewiß spiegelt die Verschiedenartigkeit der behandelten Themen den Wechsel der Aufgaben wider, die Volkmann in den einzelnen Lebensabschnitten beschäftigten; er hat aber nicht seine Ergebnisse immer gleich niedergeschrieben, sondern die Untersuchungen und ihre Bekanntgabe in Zeitschriften liegen oft weit auseinander, eben aus Mangel an „Muße“. Hatte er ein Problem gelöst, so war für ihn der Gegenstand zunächst erledigt, und er ließ sich allenfalls herbei, in seinen Vorträgen und Lehrgängen oder sonstwie andern zu zeigen, wie die Sache gemacht werden könnte; man mußte ihm gewöhnlich erst gründlich zusetzen, bis er dem Drängen der Hörer und Übungsteilnehmer nachgab, das Vorgeführte nun durch den Druck auch einem größeren Kreise zugänglich zu machen. Wenn er ständig eine fachmännische Hilfskraft zur Seite gehabt hätte, fähig, die Fülle der Gedanken unter seiner Aufsicht weiter zu entwickeln, so wäre der Ertrag dieses unermüdlichen Strebens noch erheblich reicher geworden.

Frei von Eitelkeit und Ehrgeiz setzte sich Volkmann allein das Ziel, den Fachgenossen zu nützen. Die schon früh in die Erscheinung getretene Fertigkeit, gewandt vorzutragen und die Darlegungen durch sicher ausgeführte Versuche zu veranschaulichen, hat sich bei ihm im Laufe der Jahre zur Meisterschaft ausgebildet. Er wird gern und von den verschiedensten Kreisen um Vorträge gebeten, und wo in den Ankündigungen dazu sein Name steht, ist starker Besuch sicher. Unabhängig vom

Zweck der Darbietungen macht ihm schon das bloße Zeigen Freude; man sieht ihm immer wieder das Vergnügen an, mit dem er seine eigenartig zusammengestellten und sicher wirkenden Versuche ablaufen läßt. Wie ihn im täglichen Umgang ein schalkhafter Humor auszeichnet, so verleugnet er diese herzerfreuende Eigenschaft auch beim Experimentieren nicht: die überraschend einfache Ursache einer dem Zuschauer unbegreiflichen Erscheinung zu enthüllen, bereitet ihm besonderen Spaß. Sein weiches Gemüt erschließt sich jedem, der Hilfe sucht. Mit freundlichem Wesen weiß er Gegensätze auszugleichen oder wenigstens zu mildern. Daß er treue Freundschaft hält, habe ich selbst seit unserer gemeinsamen Jugendzeit erfahren.

Mag es Wilhelm Volkmann vergönnt sein, in guter Gesundheit und rüstiger Schaffenskraft noch viele Jahre weiter am Werke zu sein. *H. Matthée.*

Versuche mit kleinen Röhrengeneratoren, die Frequenzen von $2 \cdot 10^7$ bis $1 \cdot 10^7$ Hertz (Wellenlängen zwischen 15 bis 30 m) erzeugen.

Von Dr. **Friedrich Moeller** in Berlin-Tempelhof.

(Mitteilung aus der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in Berlin.)

Vorbemerkung. Die Versuche mit sehr hohen Frequenzen, die L. Bergmann veröffentlicht hat, sind bekannt[1]. Zur Erzeugung der elektrischen Schwingungen benutzt Bergmann einen Röhrengenerator, der eine Welle von 2,4 m ausstrahlt. — Weitere Versuche mit hohen Frequenzen haben H. E. Hollmann und W. Möller in dieser Zeitschrift veröffentlicht[2]. Hollmann arbeitet mit Wellenlängen von 5 bis 6 m, die Frequenz der Versuche von W. Möller ist nicht angegeben, sie wird einer Wellenlänge von etwa 50 m entsprechen.

Der Generator von Bergmann wird mit einer Anodenspannung von 1100 bis 1400 Volt betrieben, die durch Transformation aus dem Wechselstromnetz gewonnen wird; die hohe Betriebsspannung wird nötig, weil die Röhre unter Benutzung normaler Netzspannung bei so kleinen Wellenlängen einen sehr geringen Wirkungsgrad besitzt und daher eine genügende Wechselstromleistung nicht abgeben würde. Bergmann gewinnt aus seinem Generator, den eine Senderöhre betreibt, da normale Röhren die hohe Spannung nicht aushalten, eine nutzbare Leistung von 4 Watt.

Die nachstehend erläuterten Versuche sollen eine Ergänzung der erwähnten Arbeiten darstellen. Sie sind mit den bekannten Röhrentypen RE 604 und RE 134 auszuführen[3] bei einer Betriebsspannung von 220 Volt Gleich- oder Wechselspannung, als nutzbare Leistung kann mindestens 4 Watt angenommen werden. Das Material, das zum Generatoraufbau und zu den Versuchen selbst notwendig ist, erfordert nur geringe Mittel und ist leicht zu beschaffen. Da ein Selbstbau in einer Werkstatt durchaus möglich ist, sollen genaue Angaben auch über den Generator gemacht werden[4].

A. Theorie und Aufbau des Röhrengenerators.

Um dem der Röhre angekoppelten Schwingungskreis eine möglichst hohe Wechselstromleistung entnehmen zu können, wobei die Röhre selbst eine möglichst kleine Belastung (= Anodenverlustleistung) aufnehmen soll, wird die sog. „Anpassung“ des Schwingungskreises an die Röhre notwendig, d. h. der Schwingungskreis wird nicht vollständig in die Stromkreise der Röhre geschaltet, sondern es werden nur Teilinduktivitäten (oder seltener -kapazitäten) zur Ankoppelung benutzt. In der bekannten Spannungsteilerschaltung (Dreipunktschaltung), die im folgenden Verwendung findet,

---

[1] Vgl. die Aufsätze von L. Bergmann: Diese Zeitschrift **41**, 209 (1928) und **43**, 122 (1930). Vgl. auch L. Bergmann: Versuche mit hochfrequenten elektrischen Schwingungen und kurzen elektrischen Wellen. Berlin u. Bonn: F. Dümmler 1932.

[2] H. E. Hollmann: Diese Zeitschrift **39**, 265 (1926) — W. Möller: Diese Zeitschrift **44**, 161 (1931); vgl. auch W. Möller: Funktechnisches Arbeitsbuch. Leipzig u. Berlin: B. G. Teubner 1930.

[3] Da viele Leser auch die Fabrikate anderer Firmen benutzen werden, seien die elektrischen Daten der Röhren angegeben. Die RE 604 besitzt eine Steilheit von 3 mAmp./Volt und einen Durchgriff von etwa 25%, die zulässige Anodenbelastung ist 12 Watt. Die analogen Angaben für die RE 134 sind 2,5 mAmp./Volt, 10% und 3 Watt.

[4] Die Versuche sind erstmalig gezeigt bei einem Vortrag gelegentlich des Herbstferienlehrganges 1932 der Staatlichen Hauptstelle. Die Apparatur kann von E. Leybolds Nachf. A.G. in Köln bezogen werden.

wird eine besondere Gitterspule nicht gebraucht, man erreicht die Ankoppelung an die Röhre durch Unterteilung der Schwingkreisspule L (Fig. 1). Bei größeren Spulen (= längeren Wellen) kann wegen der engen Wickelung und der Drahtisolation die Ankoppelung der Spule nur durch Ausführen der Anzapfstellen an eine Schaltleiste erfolgen, die mit Steckbuchsen oder Klemmen versehen ist. Bei den sehr kleinen sog. Kurzwellenspulen mit verhältnismäßig weit auseinanderliegenden wenigen blanken Windungen erfolgt die Ankoppelung an beliebiger Stelle der Spule durch geeignete im Handel befindliche Greifklemmen.

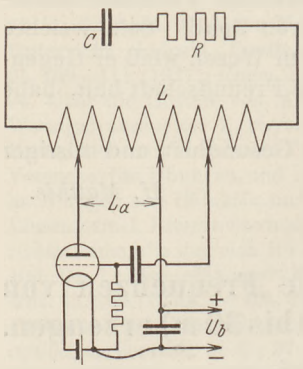


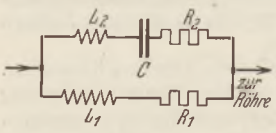
Fig. 1. Prinzipielle Röhrengeneratorschaltung.

Ein schwach gedämpfter Schwingungskreis (Fig. 1) mit der Induktivität L, der Kapazität C und einem Gesamtverbrauchswiderstand, der in R Ohm vereinigt gedacht sei, besitzt gegen die Röhre einen wirksamen Wechselstromwiderstand:

$$\Re_a = \frac{(\omega L_a)^2}{R} *, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wo L_a der im Anodenkreis der Röhre befindliche Teil der Spule L, ausgedrückt in Henry, ist. ω ist in bekannter Weise die Kreisfrequenz des Schwingungskreises gemäß der Thomsonschen Formel, die von der Frequenz der schwingenden Röhre nur unbedeutend abweicht. Soll die auf den Kreis bzw. seinen Widerstand R zu übertragende Leistung ein Optimum werden, so muß der Widerstand $\Re_a$ gleich dem sog. „Grenz-

* Für diejenigen Leser, denen die symbolische Rechnungsweise vertraut ist, kann eine Ableitung dieser Formel gegeben werden (s. untenstehende Figur). Der Kombinationswiderstand $\Re$ dieses Schaltschemas, das dem in den Anodenkreis der Röhre geschalteten Schwingungskreise gleicht (Ersatzschaltung), muß gefunden werden.



Ersatzschaltung des Schwingungskreises für die Rechnung.

Es sei $L_1 + L_2 = L$, ferner $L_1 = L_a$
R_1 und R_2 seien die Verlustwiderstände.

Dann gilt:

$$\frac{1}{\Re} = \frac{1}{\Re_1} + \frac{1}{\Re_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$\Re_1 = \mathrm{j}\omega L_1 + R_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$\Re_2 = \mathrm{j}\omega L_2 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} + R_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Nach Einsetzen dieser Werte in (1) und nach Umrechnung erhält man:

$$\Re = \frac{(\mathrm{j}\omega L_1 + R_1)\left(\mathrm{j}\omega L_2 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} + R_2\right)}{\mathrm{j}\omega L_2 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} + R_2 + \mathrm{j}\omega L_1 + R_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Wegen der Resonanzbedingung ist:

$$\mathrm{j}\omega (L_1 + L_2) + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} = 0,$$

so daß (4) wird:

$$\Re = \frac{(\mathrm{j}\omega L_1 + R_1)\left(\mathrm{j}\omega L_2 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C} + R_2\right)}{R_1 + R_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Werden die Widerstände R_1 und R_2 gegen die Blindwiderstände vernachlässigt (schwach gedämpfter Schwingungskreis), so wird (5) zu:

$$\Re = \frac{\mathrm{j}\omega L_1\left(\mathrm{j}\omega L_2 + \frac{1}{\mathrm{j}\omega C}\right)}{R_1 + R_2},$$

ein Ausdruck, der sich nach Einsetzen von $\frac{1}{\mathrm{j}\omega C} = -\mathrm{j}\omega (L_1 + L_2)$ und nach Fortschaffen der imaginären Einheit ergibt zu:

$$\Re = \frac{(\omega L_1)^2}{R_1 + R_2} = \frac{(\omega L_a)^2}{R}.$$

widerstand" sein, der von dem inneren Widerstand der Röhre R_i nicht allzusehr verschieden ist. Es muß also sein:

$$\Re_a = \Re_{gr} = \frac{(\omega L_{gr})^2}{R} = \sim R_i. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Der Abgriff L_{gr} wird in der Praxis stets durch Probieren, d. h. also durch Abtasten der Schwingkreisspule, gefunden. L_a ist gleich L_{gr}, wenn der Strom im Schwingungskreis ein Maximum erreicht. — Für die beste Gitterankoppelung sind die mathematischen Beziehungen nicht ganz so einfach. Gittervorspannung, Durchgriff der Röhre und Anodenbetriebsspannung spielen hier eine ausschlaggebende Rolle. Die Ankoppelung des Gitters muß so erfolgen, daß der Gitterstrom möglichst klein bleibt und der Phasenwert der Anodenwechselspannung einen geringsten Wert noch gerade erreicht, der genügt, um den größten Teil der Elektronen zur Anode hinüberzuziehen. Auch der günstigste Wert der Gitterankoppelung wird stets durch Probieren gefunden. — Der Wirkungsgrad der schwingenden Röhre ist gegeben aus der Formel:

$$\eta = \frac{i_c^2 \cdot R}{U_b \cdot I_a} = \frac{\text{Ausgangsleistung}}{\text{Eingangsleistung}} = \frac{N_A}{N_E}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

i_c ist der eff. Schwingungskreisstrom in Ampere, R wie bereits erwähnt der Gesamtverbrauchswiderstand im Schwingungskreis, U_b die Betriebsspannung in Volt (hier also stets 220 Volt) und I_a der Anodengleichstrom der Röhre in Ampere. Der Wirkungsgrad wird im allgemeinen bei den kleinen Anodenbetriebsspannungen und den verwendeten Röhren 50% nicht übersteigen, bei den kurzen Wellen sogar noch darunter bleiben, so daß ein erheblicher Teil der in die Röhre geschickten Leistung als Anodenverlustleistung die Anode der Röhre erwärmt. Die Höhe der Anodenverlustleistung, der eine Röhre dauernd ohne Gefahr für ihre Haltbarkeit ausgesetzt werden kann, ist ein Maß für ihre Leistungsfähigkeit. Für die Röhren RE 604 bzw. RE 134, die für die Versuche benutzt wurden, beträgt nach einer Angabe der Fabrik die zulässige Anodenverlustleistung 12 bzw. 3 Watt. Falls der Wirkungsgrad der Anordnung z. B. 50% beträgt, können die Eingangsleistungen dauernd 24 bzw. 6 Watt erreichen, starke kurzzeitige Überlastungen (100%) sind ohne Schaden für die Röhre zulässig. — Da bei den kurzen Wellen ein erheblicher Teil der Eingangsleistung in Strahlungsleistung umgewandelt wird, deren Größe sich der Messung entzieht, ist ein rein äußerliches Merkmal für die Belastungsgrenze der Röhre nützlich. Ein untrügliches Merkmal für die Größe der Anodenverlustleistung der Röhre ist die Erwärmung ihrer Glaswand, sie kann weit über Handwärme getrieben werden, ohne daß die Röhre Schaden leidet. Hier das richtige Maß zu finden, ist Sache der Erfahrung[1].

Die Formeln (2) und (3) gelten für beliebige Frequenzen, doch ist nach oben hin eine Grenze zu ziehen. Für sehr hohe Frequenzen (etwa von $2 \cdot 10^7$ Hertz = 15 m ab) wird bei den kleinen zur Verfügung stehenden Anodenspannungen die Elektronengeschwindigkeit innerhalb der Röhre zu langsam, so daß Phasenverschiebungen zwischen Gitterwechselspannung und Anodenwechselstrom eintreten, die eine Herabsetzung des

[1] Die Zerstörung einer Röhre durch zu hohe Anodenbelastung tritt normalerweise durch zu hohe Erwärmung der Elektrodenzuleitungen innerhalb der Röhre ein. Hierdurch erfahren die Durchführungsstellen am Sockel der Röhre eine zu große Erhitzung, und das Glas wird gesprengt. In besonderen Fällen können auch starke Gitterströme die Gitterfäden bis zu Rotglut treiben, so daß durch zu starke Ausdehnung der dünnen Gitterfäden eine Berührung am Anodenblech bzw. an den Heizfäden erfolgt. Bei der robusten RE 604 ist dieser Fall so gut wie ausgeschlossen. Endlich kann auch die sog. Anodenrückheizung ein Durchbrennen der Kathodenfäden zur Folge haben. Zuletzt sei noch auf eine besondere Art der Gefährdung einer Röhre hingewiesen, die zwar selten ist, aber doch eintreten kann. Die wahre (Momentan-) Spannung zwischen Anode und Kathode einer Röhre ist gleich der algebraischen Summe von Betriebsspannung und Momentanwert der (sinusförmigen) Anodenwechselspannung, die im Scheitelwert fast die Höhe der Betriebsspannung erreichen kann. Im vorliegenden Falle kann also die wahre Spannung zwischen Anode und Kathode der Röhre den Momentanwert von fast 440 Volt erreichen, eine Spannung, der Isolation des Sockels usw. gewachsen sein müssen. Ein einmaliger Überschlag hat naturgemäß sofort die Bildung eines Lichtbogens und dann die Zerstörung der Röhre zur Folge.

Wirkungsgrades und der Leistungsfähigkeit der Röhre zur Folge haben. Sobald es sich um Bereitstellung einer ausnutzbaren Wechselstromleistung von 4 Watt und mehr handelt, wie in der Folge beabsichtigt ist, kommt die Erzeugung von Wellen oberhalb 15 m mit der beschriebenen Anordnung nicht in Frage, sondern man muß dann auf die Bergmannsche Apparatur zurückgreifen[1]. — Eine Herabsetzung der Wellenlänge etwa unter 7 m mit der benutzten Anordnung wird noch aus folgendem Grunde unmöglich. Die natürliche Kapazität Gitter-Anode liegt stets parallel zur äußeren veränderbaren Kapazität, beide zusammen bilden die Betriebskapazität, die die Wellenlänge bestimmt. Fällt die äußere veränderbare Kapazität in die Größenordnung der „schädlichen" Röhrenkapazität, oder ist sie sogar kleiner, so bestimmt die Röhrenkapazität ausschlaggebend die Frequenz und verhindert bald ihre weitere Heraufsetzung. Außerdem wird dann automatisch die „Ankoppelung" des Schwingungskreises (Herstellung des Grenzwiderstandes) unmöglich, wodurch der Wirkungsgrad erheblich verringert wird. Zur Herstellung von kleinen Wellen werden deswegen Spezialröhren mit kleiner schädlicher Kapazität verwendet, auch die von Bergmann benutzte Senderöhre besitzt eine erheblich kleinere Eigenkapazität als z. B. die RE 604, deren Gitter-Anoden-Kapazität etwa 15 bis 20 cm betragen wird. Endlich muß noch die schädliche Kapazität der Zuleitungen zu Gitter und Anode erwähnt werden, die außerdem eine sehr erhebliche „schädliche Induktivität" besitzen. Sollen mit den normalen Röhren Frequenzen etwa über $5 \cdot 10^7$ Hertz (= Wellenlängen unter 6 m) unter Verzicht auf nutzbare Leistungsabgabe von mehreren Watt hergestellt werden, so bleibt nichts anderes übrig, als die Gitter- und Anodenzuleitungen als Betriebsinduktivität, die Kapazität Gitter-Anode der Röhre als Betriebskapazität zu nehmen, wobei alle Streukapazitäten gegen Erde so klein wie möglich zu halten sind.

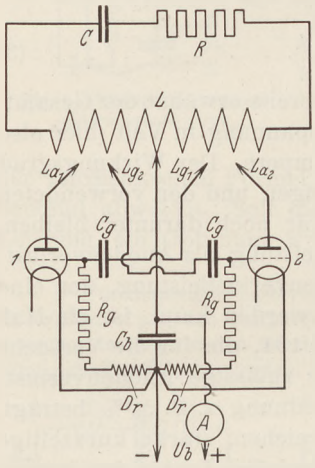


Fig. 2. Schaltschema des benutzten Generators.

Den schematischen Aufbau des Generators zeigt Fig. 2. Es werden zwei im Gegentakt arbeitende Röhren benutzt, eine Anordnung, die wegen der völligen Symmetrie aller Schaltteile gegen Erde, zumal bei kurzen Wellen, große Vorteile besitzt. Hochfrequenztechnisch sind die beiden Röhrenkapazitäten einander parallel geschaltet, so daß die Betriebskapazität gegenüber der normalen Schaltung (Fig. 1) vergrößert wird, was jedoch für die beschriebenen Versuche belanglos ist. Die Betriebsinduktivität L bildet eine Volldraht-Kupferspule mit einem Drahtdurchmesser von 2 mm nnd einem Spulendurchmesser von 8 cm; in der Regel ist eine Spule mit 7 Windungen verwendet. Der lichte Abstand der einzelnen Windungen voneinander gleich 3 mm wird durch Hartgummistäbchen mit entsprechenden Bohrungen für die Drahtdurchführung gewahrt, (im Notfalle genügen auch Plättchen aus starker trockener Pappe), von denen 2 in Fig. 3 auf der Spule sichtbar sind. Gesockelt sind die Spulen auf normalen Doppelsteckern, wie sie bei allen Steckspulen Verwendung finden. Als veränderbare Kapazität dienen kleine Drehkondensatoren (max. 100 $\mu\mu$F) oder Plattenkondensatoren (offene Kapazität), deren Form weiter unten beschrieben ist. — Die Betriebsspannung 220 Volt wird zunächst an einen Blockkondensator $C_b = 1\ \mu$F gelegt, der als Kurzschluß für die Fernhaltung der Hochfrequenz vom Netz dient. Vom Block führt der +-Pol der Betriebsspannung in kürzester flexibler Verbindung unter Benutzung der erwähnten Abgreifklemmen an die Spulenmitte, die stets die Wechselspannung Null hat. Die Abgreifklemme wird nötig, damit die Spule auswechselbar sein kann. Der —-Pol der Betriebsspannung liegt zusammen mit dem anderen Pol des Blocks C_b an der

[1] Eine Herabsetzung der Wellenlänge auf etwa 7 m mit der beschriebenen Apparatur ist möglich, sobald nicht mehr als 1 bis 2 Watt nutzbare Leistung verlangt wird.

—-Zuführung des 4-Volt-Sammlers, der die Kathoden der Röhren heizt. Wird als Anodenbetriebsspannung 220 Volt Wechselspannung gebraucht, so arbeiten die Röhren nur mit der Phase, für die die Anodenspannung positiv wird. Die nutzbare Leistung wird kleiner als bei Gleichspannung, doch ist der Verlust nicht so groß, wie vielleicht angenommen werden könnte, weil durch zweckmäßige Wahl der Gitter- und Anodenankoppelungen L_{g1} und L_{g2}, L_{a1} und L_{a2} (Fig. 2) ein gewisser Ausgleich erzielt werden kann.

Die notwendige negative Vorspannung der Röhren wird automatisch durch die Kondensatoren C_g und die Widerstände R_g besorgt; als letztere können normale Silitstäbe keine Verwendung finden, da die Gitterströme zu groß werden. Man benutzt zweckmäßig kleine, auf Isolatoren (Länge etwa 5 cm, Durchmesser 1,5 cm) gewickelte Drahtwiderstände von der Größe etwa 5000 Ohm, die im Handel zu haben sind und etwa 4 Watt Belastung aushalten können. Die Blockkondensatoren C_b und C_g sind Papierkondensatoren in Metallbecher (Postkondensatoren) mit einer angegebenen Durchschlagsfestigkeit von 500 Volt. — Der Widerstand von 5000 Ohm reicht nicht aus, um Gitter und Kathode der Röhren hochfrequenztechnisch voneinander zu trennen. Um diesen Kurzschluß zu vermeiden, ist in Serie zum Widerstand R_g eine Hochfrequenzdrossel Dr gelegt; die Drosseln sind auf einen Pappspulenkörper vom Durchmesser 4,5 cm mit isoliertem Volldraht in eng liegenden Windungen gewickelt; die Windungszahl beträgt etwa 300, der Drahtdurchmesser ist 0,1 mm. — Zur Anzeige des Schwingkreisstromes i_c ist ein Hitzdrahtamperemeter angenehm, jedoch nicht notwendig. Man benutzt praktisch zum Nachweis der hochfrequenten Wechselströme im Schwingungskreise eine kleine Sonde, wie W. Möller sie beschrieben hat. Sie besteht aus einer einzigen Kupferdrahtwindung mit dem Durchmesser 8 cm mit eingeschalteter Glühlampe; es ist zweckmäßig, als Indikatorlampe eine 4-Watt-Lampe zu nehmen, da die kleinen bekannten Zwerglämpchen zu leicht durchbrennen. Sobald als Generatorröhren 2 RE 604 Verwendung finden, ist die Gefahr des Durchbrennens einer 4-Watt-Lampe auch noch vorhanden. — Ein Milliamperemeter A in der Zuleitung zu den Röhren kann nicht entbehrt werden, um Auskunft über die Anodenbelastung zu erhalten. Bei zunehmender Anodenkoppelung, also wachsendem L_a, wird der Anodenstrom kleiner, für die Gitterkoppelung gilt im allgemeinen das umgekehrte. Anoden- und Gitterankoppelung so hoch wie möglich ($= {}^1/_2\, L$) zu wählen, ist im allgemeinen sehr unzweckmäßig, weil dann entsprechend Formel (2) eine gute Ausnutzung der Röhre nicht erreicht werden kann. Sonderfälle sind bei kleineren Spulen (3 Windungen und darunter) möglich. — Sobald der Generator arbeitet, also bei Verwendung der Röhrentype RE 604 eine Sondenlampe 4 Watt hell brennt, kann der Anodenstrom beider Röhren zusammen 150 bis 200 Milliampere betragen, ohne daß die Röhren allzusehr überlastet werden. Man koppelt Anoden L_a und Gitter L_g in der Weise, daß der erwähnte Anodenstrom erreicht wird, wobei Sorge zu tragen ist, daß beide Röhren gleichmäßige Belastung erfahren. Ungleichmäßige Belastung macht sich durch ungleichmäßige Erwärmung der Glaswände sehr bald bemerkbar, die stärker erwärmte Röhre ist durch losere Gitterkoppelung bzw. festere Anodenkoppelung zu entlasten.

Den technischen Aufbau des Generators zeigt Fig. 3[1], die Röhren selbst sind fortgelassen. Die Generatorspule L (7 Windungen) ist mit der Windungsfläche nach unten angeordnet, damit die Gitter- und Anodenzuleitungen möglichst kurz werden; die Spulenfläche steht außerdem senkrecht zum übrigen Aufbau des Generators, um stark dämpfende Wirbelfelder, die durch die Nähe der übrigen metallischen Zubehörteile entstehen können, möglichst zu vermeiden. Die Spulenbuchsen sitzen an zwei starken Zuleiterschienen Z, die zu den Klemmen Kl_C führen, an welche die Betriebskapazität gelegt wird. Die äußeren Klemmen sind frei und können zur Zwischenschaltung eines Hitzdrahtamperemeters dienen. Die Klemmen sind auf einer Isolierschalt-

[1] Für die freundliche Hilfe bei der Aufnahme spricht Verf. Herrn Dr. Otto den besten Dank aus.

leiste (aus Trolit) angebracht, die selbst wieder durch zwei Säulen aus Hartgummi S_L gehalten wird. Auch die Röhrenhalter H werden von im ganzen vier Hartgummisäulen S_H getragen, wovon zwei gut sichtbar sind. Die Widerstände R_g, von denen der rechte von seinem Sockel abgezogen ist, sind auf den Hartgummisäulchen S_R steckbar angeordnet. Die Klemmen Kl_U dienen zur Zuleitung der Heiz- und Anodenspannung, deren —-Pol an eine gemeinsame Klemme geführt wird. Das Gleichstrom-Milliamperemeter A (Fig. 2) ist nicht zu sehen, da es vor der +-Klemme der Anodenspannung in den Stromkreis gelegt wird. Im übrigen entsprechen die Bezeichnungen der Fig. 3 denen der Fig. 2, so daß ein näherer Hinweis sich erübrigt. Die Dimensionen des Grundbrettes betragen 25 · 17 cm. Die Gitter-, Anoden- und Mittelpunktszuleitungen,

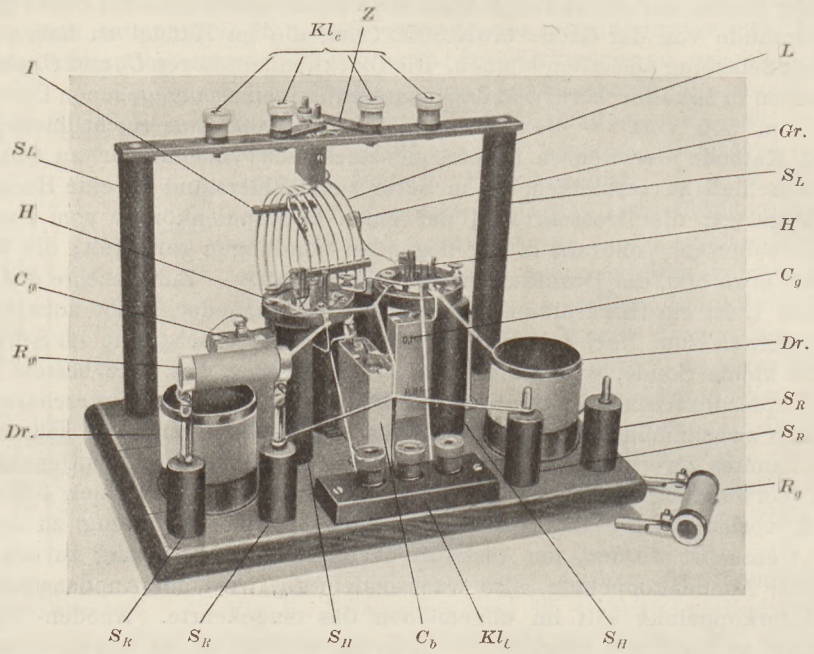


Fig. 3. Ansicht des Generators.

im ganzen 5, bestehen aus dünnen Kupferlitzen, die auf der Spulenseite die bereits erwähnten Greifklemmen tragen, von denen in Fig. 3 eine sichtbar und mit *Gr.* bezeichnet ist.

B. Die Versuche.

1. Nachweis des magnetischen und elektrischen hochfrequenten Wechselfeldes. Für alle folgenden Versuche werden als Betriebskapazität 2 Plattenkondensatoren benutzt, deren Entfernung voneinander in weiten Grenzen veränderbar sein muß. Sie sind folgendermaßen gebaut. Jede Kondensatorplatte aus Zinkblech in der Stärke 0,5 mm besitzt eine Fläche $F = 60 \times 60$ cm und ist auf einem Holzrahmen gleicher Fläche befestigt, der genügend starke Leisten und ausreichende Festigkeit haben muß, damit die Zinkplatte plan gehalten wird. Zur Vermeidung starker dielektrischer Verluste, die das Entstehen eines kräftigen elektrischen Wechselfeldes zwischen den Platten verhindern würden, muß für gute Isolation Sorge getragen werden, die zugleich die Streukapazität gegen die Unterlage (Tisch) möglichst klein macht. Jede Platte ist daher mittels zweier genügend langer, am Holzrahmen befestigter Trolitleisten auf Holzklötze gesetzt, die groß genug sein müssen, um ein festes Stehen des Kondensators zu gewährleisten. Die Gesamtlänge jeder Trolitleiste ist 14 cm, ihre Breite 4 cm, ihre Dicke 0,6 cm, die Entfernung der unteren Kante des Plattenkondensators vom Tisch beträgt 12,5 cm. Zum Anschluß an den Generator ist an jeder Platte

eine Steckbuchse angebracht. Im Betrieb werden beide Platten mit der Blechseite in geeigneter Entfernung einander gegenübergestellt. Ihre gegenseitige Kapazität läßt sich nach der bekannten Formel berechnen:

$$C = \frac{F}{4\pi d}\ \text{cm}\ [d = \text{Plattenabstand in cm}].$$

Die Betriebskapazität entspricht jedoch, zumal bei größerem Plattenabstand, nicht dieser Formel, sondern sie wird erheblich größer wegen der Streukapazität der Platten gegen Erde.

Zum Nachweis des magnetischen Wechselfeldes wird die Lampensonde benutzt, deren Windungsfläche der Induktion der Generatorspule ausgesetzt wird. Die Platten werden in einer Entfernung von etwa 6 cm einander gegenübergestellt und mit kurzen Verbindungen an die Spulenklemmen geschaltet. Nach guter Auskoppelung von Gittern und Anoden an die Spule (7 Windungen) ist die induktive Wirkung auf die Sonde so groß, daß eine Niederspannungs-8-Watt-Lampe zum hellen Leuchten gebracht wird, sobald als Generatorröhren zwei RE 604 Verwendung finden. Ein Röhrenpaar der Type RE 134 erzielt naturgemäß nicht diese Leistung, doch kann bei geeigneter Röhrenankoppelung noch eine 4-Watt-Lampe mit annähernd normaler Lichtstärke gebrannt werden.

Die Frequenz des Generators bei der Plattenentfernung 6 cm und mit der Spule 7 Windungen entspricht etwa einer Wellenlänge 35 m, die mit einem Kurzwellenmesser festgestellt wurde. Die Eichung eines derartigen Wellenmessers, die im Laboratorium der Staatl. Hauptstelle vorgenommen wurde, ist schwierig, ihre Erörterung muß an dieser Stelle als nicht zum Thema gehörig unterbleiben. Da jedoch die Messung der Frequenz bzw. der Wellenlänge auch relativ für die Versuche von Wichtigkeit ist, sollen folgende Hinweise gegeben werden. Es ist praktisch, als „relativen Wellenmesser" einen Kreis zu benutzen, der aus einem Drehkondensator max. 1100 $\mu\mu$F (= 1000 cm) mit direkt angesteckter Spule (ohne Verbindungsdrähte) einer einzigen Windung besteht; die Abmessung dieser „Spule" ist die gleiche wie die der Sonde. Ein Lämpchen in diesen Kreis zu schalten, ist nicht nötig, da die Messung der Frequenz viel einfacher erfolgen kann. Der Wellenmesser wird lose zur Generatorspule gekoppelt und sein Kondensator gedreht, bis das Milliamperemeter oder auch die Sondenlampe eine merkbare Stromänderung anzeigen, was nur bei Resonanz geschieht. Bei einiger Übung ist auf diese Weise eine sehr scharfe Einstellung möglich. Die maximal einstellbare Wellenlänge des erwähnten Kreises beträgt etwa 50 m, die Minimalstellung etwa 10 m, Angaben, die naturgemäß nur Größenordnungswerte darstellen können. Der Verlauf der Wellenlängen als Funktion der Kondensatorgrade hängt ab von der Kennlinie des Kondensators.

Die Wechselspannung an den Kondensatorplatten, die 400 bis 700 Volt[1] betragen kann, wird durch eine Glimmlampe nachgewiesen, die mit der Glaswand oder auch mit dem Gewinde an e i n e Platte oder auch nur in deren Nähe mit der Hand gehalten wird. Der hochfrequente Ladestrom, dem dann der Körper ausgesetzt ist, und der durch die Glimmlampe fließt, ist so stark, daß die Lampe hell leuchtet. Man benutzt zweckmäßig die Type 5 aus dem Merkblatt 5 der Hauptstelle.

Wird die Entfernung der Plattenkondensatoren vergrößert, so zeigt der Wellenmesser eine starke Vergrößerung der Frequenz, also eine Verkleinerung der Wellenlänge an, die bei einem Plattenabstand von etwa 100 cm nur noch etwa 24 m beträgt. Die Leistung des Generators erscheint auch bei veränderten Ankoppelungen nicht mehr so hoch wie vorhin; einerseits ist wohl der Wirkungsgrad schlechter geworden, andererseits aber erfährt der Generator bereits „Strahlungsverluste"; die vorher verwendeten Lampen sind jedoch auch jetzt zum Nachweis der Schwingungen zu benutzen.

[1] Ein Berühren der Platten schadet trotz der hohen Spannung nichts, da der Hochfrequenzstrom nicht in den Körper dringt. Freilich entstehen auf der Haut kleine Brandflecke, die jedoch gänzlich harmlos sind. Es ist außerdem zu bedenken, daß Spule und Kondensator gegen Erde das Potential der Betriebsspannung haben (220 Volt), so daß Gefahr des Kurzschlusses gegen Wasserleitung oder Gasleitung vorhanden ist; auch bei den Versuchen 3 ist in dieser Hinsicht Vorsicht nötig.

Das dielektrische Verschiebungsfeld zwischen den Kondensatorplatten wird mit der „elektrischen Sonde“ nachgewiesen, die aus 2 Platten gleicher Art wie die Generatorplatten mit zwischengeschalteten Glühlämpchen *Gl* besteht (Fig. 4). Die Sondenplatten können jedoch eine weit kleinere Fläche besitzen, $^1/_2$ der Fläche der Generatorplatten genügt. Je größer jedoch die Sondenfläche, um so größer ist naturgemäß die Wirkung. In Fig. 4 ist L die Generatorspule (7 Windungen), $C_S C_S$ seien die Generatorplatten, $C_E C_E$ die Sondeplatten. Als Indikatorlämpchen dient bei kleinen Platten eine normale Taschenlampenbirne 3,5 Volt, bei größeren Platten muß wieder auf eine größere Lampe zurückgegriffen werden (2 Watt). Die Sondeplatten können ganz zwischen die Generatorplatten geschoben werden, die ihre frühere Entfernung gleich 100 cm beibehalten haben; die Entfernung der Sondeplatten mit kleiner Fläche ($= ^1/_2$ F) von den Erregerplatten beträgt dann, um ein ungefähres Maß zu nennen, je 20 cm. Größere Platten dürfen nur halb in das Erregerfeld gebracht werden, um die Lämpchen nicht zu gefährden.

Eine Annäherung der Sondeplatten an die Feldplatten bewirkt eine große Zunahme des Sondenstromes (mehrere kleine Lämpchen parallel schalten!); endlich wird

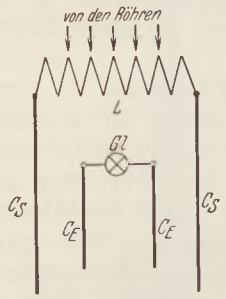


Fig. 4. Elektrische Plattensonde zwischen den Feldplatten.

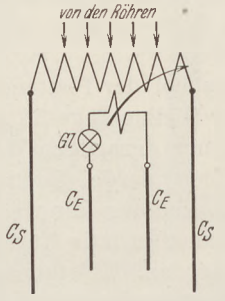


Fig. 5. Zusammenschaltung elektrischer und magnetischer Sonde.

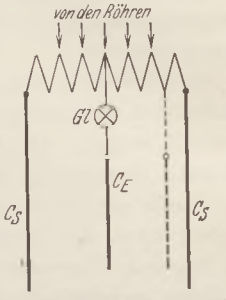


Fig. 6. Nachweis des Potentialabfalls im elektrischen Feld durch die Plattensonde.

die Anordnung zu einer Serienschaltung zweier Luftkondensatoren mit zwischengeschalteten Lampen, die den dielektrischen Verschiebungsstrom anzeigen; eine magnetische Sonde brennt gleichzeitig. Die Wellenlänge ist sehr gestiegen, die Frequenz hat entsprechend abgenommen, da die Betriebskapazität infolge der kleinen dielektrischen Zwischenräume sehr gewachsen ist.

2. Zusammenschalten von elektrischer und magnetischer Sonde. Werden elektrische und magnetische Sonde nach Fig. 5 zusammen mit einer Indikatorlampe in Serie geschaltet, und jede Sonde für sich dem zugehörigen Feld ausgesetzt, so tritt je nach dem Koppelungssinn eine Vermehrung oder Verminderung der gemeinsamen Wirkung ein. Die in den Sonden induzierten Ströme sind im ersteren Fall gleichphasig, im letzteren Fall um 180° phasenverschoben; die Lampe ist dann vollständig zum Erlöschen und darüber hinaus wieder zum Brennen zu bringen, wenn entweder magnetische oder elektrische Koppelung erheblich überwiegt.

3. Potentialabfall längs der Spule und im Dielektrikum. Daß im Dielektrikum der gleiche Potentialabfall wie an der Spule vorhanden ist, kann durch folgenden Versuch gezeigt werden (Fig. 6). Als „elektrische Sonde“ dient hier nur eine einzige Sondenplatte, der Abstand der Generatorplatten bleibt der gleiche. Wird die Sonde zunächst in die Mitte zwischen die Feldplatten gestellt und über ein Lämpchen mit der Spulenmitte verbunden (also mit — -Heizung), so bleibt das Lämpchen dunkel. Wird dann die Sonde nach irgendeiner Seite verschoben, so leuchtet das Lämpchen um so mehr auf, je weiter die Verschiebung aus der Mitte erfolgt. Den gleichen Erfolg erzielt man, wenn bei einzuhaltender Mittelstellung der Sonde die Spule abgetastet wird. (Als Mittel zum Ankoppeln dient am besten wieder eine Greifklemme.) Wird endlich der Spulenabgriff beliebig gewählt, so findet man die zugehörige Äquipotentialfläche im Dielektrikum durch Verschieben der Sonde, bis das Lämpchen

dunkel wird. Spulenabgriff und zugehörige Äquipotentialfläche liegen stets gleichseitig zu der Spulenmitte.

4. Einfluß der Resonanz auf die Koppelung der „Sonde". Die bisher beschriebenen Versuche sind weit außerhalb der Resonanzlage des Sondenkreises angestellt, die Ströme im Sondenkreise sind „erzwungen" durch starke Koppelung. Sobald Resonanzerscheinungen auftreten, wird die „Empfindlichkeit" des Sondenkreises gegenüber der Erregung durch den Generator außerordentlich viel größer, die Koppelung muß weit kleiner gewählt werden, um das Lämpchen nicht zu überlasten. — Um den Sondenkreis schwingungsfähig zu machen, wird die Einschaltung einer Spule nötig (4 bis 6 Windungen je nach der Größe der Sondenplatten); die Abstimmung geschieht am besten durch einen kleinen Drehkondensator (50 bis 100 $\mu\mu$F max.), der parallel zu den Sondeplatten geschaltet ist. Den Aufbau zeigt Fig. 7. Der Abstand der Generatorplatten sei wieder 100 cm. Die Sondeplatten mögen zunächst in der gleichen Entfernung voneinander gesetzt werden, sie müssen sich weit außerhalb des Erregerfeldes befinden, um bei auftretender Resonanz ein Durchbrennen der Indikatorlampe zu verhindern. Aus Raumrücksichten ist dieser Abstand in der Fig. 7 nicht im richtigen Verhältnis gezeichnet. Nach erfolgter Abstimmung des Sondenkreises werden seine Platten erheblich näher zusammengerückt, wie Fig. 7 andeutet. Die Betriebskapazität wird infolgedessen größer, so daß der Drehkondensator auf einen kleineren Wert gestellt werden muß, um die frühere gleichgebliebene Welle des Generators zu erhalten. Man beobachtet mit abnehmender Entfernung der Sondeplatten ein Abnehmen der Lampenhelligkeit, also ein Abnehmen des Stromes. Schließlich zeigt das Lämpchen keinen Strom mehr an, der Kreis ist unempfindlich geworden und hat trotz beibehaltener Resonanz die Fähigkeit, Energie vom Generatorkreis aufzunehmen, verloren. Er bildet jetzt einen „geschlossenen Schwingungskreis" im Gegensatz zum „offenen Schwingungskreis" im früheren Zustande, in welchem der Generator „Sender", der Sondenkreis „Empfänger" war. Der gleiche Versuch kann umgekehrt mit zu variierender Entfernung der Senderplatten angestellt werden. Je offener bei gleichbleibender Wellenlänge bzw. Frequenz Sender und Empfänger sind, um so mehr erhalten sie die Fähigkeit, Energie abzustrahlen oder aus dem Raum Energie aufzunehmen. Werden die Zuleitungen der Feldplatten zum Generator länger gewählt, vielleicht 1 bis 2 m, wobei die Röhrenankoppelung zu ändern ist, und in gleicher Weise die Zuleitungen zu den Sondenplatten angepaßt, so ist der Generator vollständig zu Sender, der Sondenkreis zum Empfänger geworden, und die Koppelung zwischen beiden kann bei hinreichend großen Empfängerplatten in fast 2 m Abstand genommen werden, um auch dann noch bei Resonanz ein Lämpchen zum Aufleuchten zu bringen.

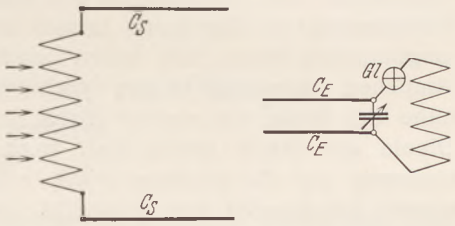


Fig. 7. Anstoßen des Resonanzkreises durch elektrische Kopplung.

5. Wiederholung der Versuche 2 unter dem Einfluß der Resonanz. Bei Benutzung sehr kleiner Sondeplatten etwa 10 × 10 cm sind erzwungene Ströme mit der Indikatorlampe nicht mehr nachzuweisen. Wird jedoch die Resonanzerscheinung zu Hilfe genommen, so können bei hinreichend fester Koppelung der Sondeplatten zu den Feldplatten die Ströme im Sondenkreis genügend stark sein, um die Lampe zum Leuchten zu bringen. Der Empfängerkreis ist jetzt fast „geschlossen" zu nennen, weil der Drehkondensator (Fig. 7) wegen der geringen Betriebskapazität der beiden Sonden auf hohe Werte gedreht werden muß, die „wirksame" Koppelungskapazität also nur klein ist[1].

[1] Aus dieser Betrachtung ist zu folgern, daß sich mit erheblich kleineren Frequenzen die erläuterten Versuche nicht anstellen lassen. Zur Herstellung der offenen Kapazität bedarf es dann zu großer Feld- bzw. Sondeplatten. Ein Zuschalten der hier verwendeten Feldplatten zu einem größeren Blockkondensator erzielt keinerlei Wirkung, die Strahlung bleibt zu klein.

Da der Aufbau wieder mit kurzen Leitungen möglich ist, können die Versuche 2 wiederholt werden; es ergibt sich das gleiche Resultat wie vorhin, daß sich je nach dem Koppelungssinn elektrische und magnetische Felder in ihrer Wirkung verstärken oder schwächen.

6. Stromverteilung in Dipolen. Zuletzt seien noch einige Versuche erwähnt, die zwar mit der Apparatur von Bergmann weit besser gelingen, die jedoch auch mit den hier benutzten kleineren Frequenzen noch recht brauchbar anzustellen sind. Wird in die Plattenzuleitungen des unter Ziffer 4 beschriebenen Strahlers (Abstand der Platten 3 bis 4 m) ein Stromanzeiger gelegt (Hitzdrahtamperemeter oder mehrere parallelgeschaltete Glühlämpchen 3,5 Volt), so beobachtet man an allen Stellen der Leitungen fast den gleichen Strom; nahezu die gesamte Ladung fließt auf die Platten, der Strom hat überall annähernd die gleiche Amplitude. — Die Platten werden jetzt fortgenommen, die Leitungen beibehalten, wobei es zweckmäßig ist, die Generatorspule 7 Windungen gegen eine gleichartige mit 4 Windungen auszutauschen. Die Wellenlänge des Systems ist dadurch auf etwa 15 m gesunken, die Feldintensität in der Spule immer noch groß genug, um eine 4-Watt-Lampe in der magnetischen Sonde zum hellen Leuchten zu bringen. Werden (nach Fig. 8) Indikatorlämpchen wie vorhin in die Strahlleitungen (= Antennendipole) gelegt, so zeigt sich nahe der Spule ein starker Strom (etwa 0,5 Amp.), während an beiden Enden der Dipole der Strom gleich Null wird. Kapazität und Induktivität sind nicht mehr eindeutig auf die Abstimm-Mittel verteilt, sondern der stromführende Leiter besitzt sowohl Induktivität wie Kapazität, er nimmt Ladung entlang seiner Oberfläche auf, die nach den freien Enden hin zunimmt; an den Enden selbst besitzen die Dipole nur Kapazität, in der Spulennähe überwiegend Induktivität. Auch die äußeren Ringe der Spule führen noch freie Ladung, so daß der Strom in der Spulenmitte ein Maximum hat. Ein Abtasten des Strahlsystems mit der Glimmlampe bestätigt diese Annahme, sie leuchtet am hellsten an den Dipolenden und erlischt in der Spulenmitte. Der Spannungsabfall längs der Antennen ist so groß, daß eine nach Fig. 8 angelegte Glühlämpchensonde aufleuchtet. Die Entfernung der Abtastspitzen dieser Sonde beträgt etwa 30 cm, es wird wie bei der Ringsonde normaler blanker Kupferdraht an eine Lampenfassung geschraubt. Es ist zweckmäßig, hier ein sehr empfindliches Lämpchen mit geringstem Leistungsverbrauch zu nehmen, um die Wechselstromvorgänge auf dem Sender möglichst wenig zu beeinflussen. — Als Strahldrähte sind ebenfalls blanke Kupferdrähte in der Stärke 2 mm genommen worden, sie werden an den Enden von Isolatoren gehalten.

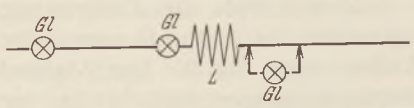


Fig. 8. Stromverlauf im offenen Dipol.

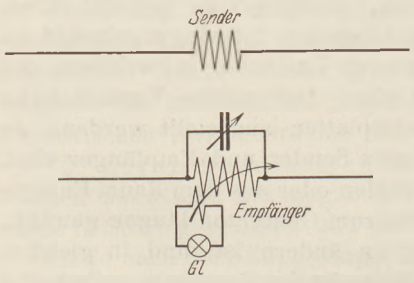


Fig. 9. Empfänger-Dipol, angestoßen durch Sender-Dipol.

7. Sender und Empfänger als Dipol ausgebildet. Es seien sowohl Generator wie Sondenkreis zu Dipolen ausgestaltet (Fig. 9). Bei letzterem ist es zweckmäßig, die Dipole starr zu machen, um das System leicht handhaben zu können. Es wurde deshalb für die Antennen des Empfängers Aluminiumrohr in der Stärke 6 mm mit einer Rohrwandstärke von 0,5 mm gewählt. Die Rohre besitzen auf der einen Seite kräftige Kabelschuhe als Anschlußverbindung. Zu den Versuchen wurde je ein Paar dieser Art in der Länge 1 und 2 m benutzt. — Parallel zu der Spule (5 Windungen) wird ein Drehkondensator 50 $\mu\mu$F mit möglichst geringer Dämpfung gelegt, um die Verluste des Systems tunlichst klein zu halten. Da die veränderbare Kapazität nur niedrig ist, läßt sich der Drehkondensator mit bestem Erfolge durch 2 kleine Kupfer- oder Zinkplatten etwa in der Größe 5×5 cm ersetzen, die an geeigneten

Klemmen befestigt und einander etwa in der Entfernung 3 mm gegenübergesetzt werden; die Kapazitätsänderung erreicht man durch Verstellen der Platten. Das Indikatorlämpchen wird nicht in den Schwingungskreis geschaltet, sondern als magnetische Sonde induktiv zur Spule gekoppelt. Man erzielt auf diese Weise eine kleinere Dämpfung, die Koppelung der Sonde ist auszuprobieren. Spule, Sonde, Dipole und veränderbare Kapazität sind am besten zusammen auf einem Brettchen anzuordnen, so daß das ganze System tragbar wird. Sind Sender und Empfänger parallel gekoppelt, wie Fig. 9 zeigt, so erhält man bei Verwendung der kleineren Dipole noch in 1 m Entfernung ein kräftiges Leuchten der Lampe. Mit dieser Anordnung ist durch Abschreiten des Raumes und Drehen des Dipolsystems die Richtung des Senderfeldes gut nachweisbar. Die Anordnung wird noch empfindlicher bei Benutzung der 2-m-Dipole, doch leidet die Handlichkeit des Gebildes.

Die Verteilung von Kapazität und Induktivität am Empfänger kann einfach durch Abtasten mit der Hand festgestellt werden. Bei Berühren der Dipole erlischt die Lampe, desgl. bei Berühren der äußeren Windungen der Spule, während sogar eine Verbindung der Spulenmitte mit Erde den Schwingungsvorgang nicht beeinflußt.

Die elektrothermische Darstellung von Phosphor im Unterrichtsversuch.

Von **Heinrich Rheinboldt** in Bonn.

Das heute allgemein übliche Verfahren der großtechnischen Darstellung von Phosphor beruht auf der Reduktion von tertiärem Calciumphosphat durch Kohle unter Zusatz von Siliciumdioxyd:

$$\{3\,CaO \cdot P_2O_5\} + 3\,SiO_2 + 5\,C \rightarrow 3\,\{CaO \cdot SiO_2\} + 5\,CO + 2\,P - 282\ Kcal.$$

Das Verfahren geht zurück auf einen Vorschlag von Friedrich Wöhler im Jahre 1829, der allerdings erst im Jahre 1890 durch J. B. Readman unter Verwendung des elektrischen Ofens technische Verwertung fand[1].

Da die meisten modernen Lehrbücher der anorganischen Chemie den Namen Wöhlers im Zusammenhang mit der Phosphordarstellung nicht erwähnen, soll seine kurze Originalmitteilung[2] hier wiedergegeben werden, um so mehr, als sie ein schönes Beispiel dafür ist, wie eine zufällige Beobachtung bei einem kritischen Experimentator Veranlassung zu einer wertvollen Entdeckung werden kann.

„Über die Gewinnung des Phosphors. Nach einer Angabe von Berthier kann man durch Zusammenschmelzen von gebrannten Knochen, Kieselerde, Kupfer und Kohle, Phosphorkupfer erhalten. Bei dieser Operation, durch die man bei einem guten Feuer recht schönes Phosphorkupfer bekommt, bemerkte ich, daß aus einer kleinen Öffnung des im Übrigen verschlossenen Tiegels lange Zeit eine ziemlich starke, leuchtende Flamme brannte, die hier nur von verbrennendem Phosphor entstehen konnte, und diess veranlaßte mich zu versuchen, ob sich nicht durch die Bildung eines Kalksilicats aus einem Gemenge von Knochen, Kieselerde und Kohle direct Phosphor gewinnen lasse. Zu diesem Endzweck wurde das Pulver von schwarz gebrannten Knochen (Beinschwarz) mit etwa dem halben Gewichte feinem Sande und noch etwas Kohlenpulver gemengt, und in einer thönernen Retorte mit angeklebtem Vorstoß, der in ein Gefäß mit Wasser mündete, in einem Zugofen nach und nach bis zu starker Weißgluth erhitzt. Das sich in Menge entwickelnde Kohlenoxydgas fing bald an sich von selbst zu entzünden und verbrannte mit glänzender Phosphorflamme. Nach Unterbrechung des Versuchs fand sich in dem Vorstoß gegen $^1/_2$ Drachme Phosphor[3]. Die Masse in der Retorte war nicht geschmolzen und sah wie vorher aus; der Versuch war unterbrochen, ehe sie noch aufgehört hatte, Phosphor zu geben.

Vielleicht kann diese Methode bei Gewinnung des Phosphors im Großen Anwendung finden. Das Material dazu kostet fast nichts, und statt der Retorten könnte man ähnliche thönerne Cylinder und ähnliche Öfen wie bei der Zink-Gewinnung benutzen. Auch brauchte man wahrscheinlich keine so

[1] Vgl. Z. angew. Chem. **1891**, 269, 654; **1892**, 151.

[2] Poggendorffs Ann. **17**, 178—179 (1829).

[3] Das sind etwa 1,8 g.

hohe und anhaltende Temperatur, wenn man durch Zusatz irgend eines Flußmittels bewirken könnte, daß die Masse in dem Destillationsgefäße leichter in Fluß geriethe, als es mit dem Kalksilicat für sich oder in Vermengung mit noch unzersetztem phosphorsauren Kalk der Fall ist."

Das auf den Versuchen Wöhlers aufgebaute elektrothermische Verfahren der Phosphorgewinnung ist heute in Bitterfeld und Piesteritz a. d. Elbe, in Pierrefitte (Frankreich) sowie in Anniston (U. S. A.) in Betrieb. Die Weltproduktion beläuft sich auf etwa 15000 t. In Deutschland wurde das Verfahren im Jahre 1897 von der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron eingeführt.

Von W. Hempel[1] wurde im Jahre 1905 ein eleganter Vorlesungsversuch zur Demonstration der elektrothermischen Phosphordarstellung angegeben. Die Hempelsche Versuchsanordnung verwendet einen senkrecht stehenden Gaslampenzylinder, der oben und unten durch eine Messingkappe verschließbar ist. In beide Messingkappen ist zentral je ein Messingrohr eingelötet, durch welche die Kohlenelektroden hindurchgeführt werden, und daneben je ein enges, zur Außenseite umgebogenes Kupferröhrchen, welche zur Zu- und Ableitung von Wasserstoff dienen und gleichzeitig mit der Stromquelle verbunden werden. In das Messingrohr der oberen Kappe ist die Kohlenelektrode fest eingepaßt, während die untere Elektrode verschiebbar angeordnet ist, indem als Führung ein zweites Messingrohr benutzt wird, das in dem eingelöteten Messingrohr mit gleitender Reibung bewegt werden kann. Die von unten zugeführte Kohle ist zwecks Aufnahme des Reaktionsgemisches an der Spitze ausgehöhlt. Durch das Kupferröhrchen der oberen Kappe wird in den Zylinder Wasserstoff eingeleitet, der nach Verdrängung der Luft an dem unteren Kupferröhrchen entzündet wird. Nach Erzeugung des Lichtbogens nimmt die Wasserstoff-Flamme eine grüne Färbung an, und nach kurzer Zeit beschlägt sich die Wand des ganzen Zylinders mit rotem Phosphor. Nach Auslöschen der Wasserstoff-Flamme macht sich die Destillation des Phosphors durch den Geruch bemerkbar.

Es ist auffallend, daß diese Versuchsanordnung in die bekannten Sammelwerke chemischer Demonstrationsversuche nicht aufgenommen wurde; soweit mir bekannt, ist sie nur in dem Lehrbuche von K. A. Hofmann beschrieben[2].

Anstatt dessen wird eine Versuchsanordnung nach W. Franck empfohlen[3]. Diese verwendet als Flammenbogenofen einen Blumentopf, in den durch zwei seitliche Bohrungen die Kohlenelektroden horizontal eingeführt werden. Das Innere des Topfes wird mit Lehm ausgekleidet bis auf einen kleinen zylindrischen Raum, in den ein schwer schmelzbares Glasrohr gerade hineinpaßt. Der Lehm wird langsam getrocknet. Zur Ausführung des Versuches wird das 10 cm lange Glasrohr so eingesetzt, daß es auf den Enden der Kohlenelektroden aufsitzt; von oben wird das Reaktionsgemenge zugegeben und das offene Ende des Glasrohres durch einen Glaswollebausch verschlossen. Es wird angegeben, daß man, wenn der Versuch im Dunkeln ausgeführt wird, „meistens um die Glaswolle ein grünes Flämmchen von verbrennendem Phosphor züngeln" sieht, während sich ein anderer Teil des Phosphors an der Wand des Glasrohres kondensiert und aufleuchtet, wenn das Rohr nach beendeter Reaktion aus dem Ofen herausgezogen wird. Der Versuch ist für Demonstrationszwecke nicht sehr eindrucksvoll und erfordert, infolge des langsamen Austrocknens des Töpfertons, eine mehrtägige Vorbereitungszeit.

Im folgenden sei eine Versuchsanordnung beschrieben, die für das Praktikum der Lehramtskandidaten ausgearbeitet wurde und aus den üblichen Laboratoriumsmaterialien aufgebaut werden kann. Der Versuch gestattet 1. die Darstellung von

[1] Walther Hempel: Studien über die Gewinnung des Phosphors. Z. angew. Chem. **18**, 132—137 (1905).

[2] K. A. Hofmann: Lehrbuch der anorganischen Experimentalchemie, S. 230—231. 1918; 6. Aufl., S. 231. 1928; 7. Aufl., S. 226. 1931. — Anm. bei der Korrektur: Wie mir inzwischen bekannt wurde, ist der Versuch auch angeführt in Friedr. Brandstätter, Chemische Schulversuche (Wien 1922), S. 155, mit nur geringfügigen Abänderungen, als Versuchsanordnung nach Prof. Wiechowski bezeichnet.

[3] W. Franck: Die Darstellung von Phosphor und Zink im Unterricht. Unterrichtbl. Math. u. Naturwiss. **24**, 84 (1923).

gelbem und rotem Phosphor, 2. den Nachweis des Phosphors nach Dusart[1], 3. die Demonstration der kalten Phosphorflamme, sowie anschließend 4. den Phosphornachweis nach Mitscherlich[2]. Der Versuch eignet sich zur Demonstration und als Übungsversuch sowie als Vorlesungsexperiment bei Verwendung einer den Dimensionen des Hörsaals angepaßten, entsprechend vergrößerten Apparatur.

Versuchsanordnung.

Der Aufbau der Apparatur ergibt sich aus Fig. 1. Die Reaktion wird durchgeführt in einem zweifach tubulierten Kolben aus temperaturbeständigem Glase von etwa 2 Liter Fassungsvermögen (Durchmesser 150 mm, Länge der Tuben etwa 50 mm, ihre lichte Weite 40 mm)[3]. Der Kolben wird auf einen mit Asbestschnur umwickelten Stativring so aufgesetzt, daß der eine Kolbenhals nach oben, der andere nach unten gerichtet ist. An dem oberen Hals wird der Kolben durch eine Stativklammer gefaßt, so daß er vollkommen stabil sitzt. Die beiden Tuben werden durch gutschließende Stopfen verschlossen, die je eine zentrale Bohrung besitzen zur Hindurchführung der Kohlenelektroden und daneben je eine engere Durchbohrung zur Einführung des Gaszuleitungs- und Gasableitungsröhrchens.

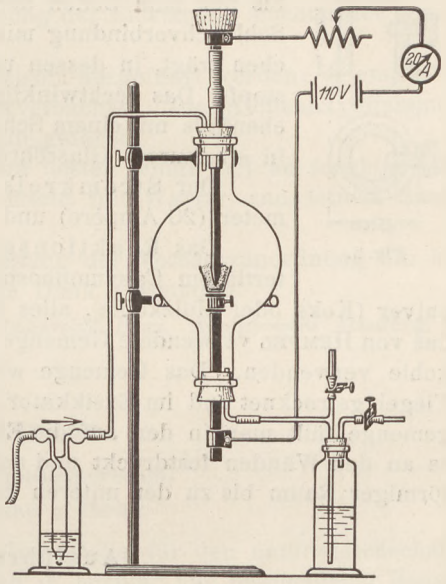


Fig. 1.

Die untere etwa 12 mm starke Elektrode wird unmittelbar durch die Bohrung des Stopfens durchgeführt und soll nicht ganz bis zur Mitte des Kolbens reichen. An ihrem Ende wird eine kleine Eisenmuffe befestigt (Fig. 2). Diese fertigt man an aus einer Muffe ($^3/_8$ Zoll), wie sie zur Verbindung von Gasrohren verwendet wird. Es ist dies der einzige Teil der Apparatur, der außer dem Kolben vorrätig gehalten wird. Auf diese Muffe, die ein kurzes Stück der Elektrode nach oben herausragen läßt, setzt man einen kleinen Blumentopf („Kakteentöpfchen", oberer äußerer Durchmesser < 40 mm) fest auf, indem man dessen Bodenloch mittels einer Rundfeile so erweitert, daß die Elektrode gerade hindurchgeht. Das stumpfe Ende der Elektrode soll nur wenig in den Topf hineinragen. An dem unteren Ende der Kohlenelektrode befestigt man mittels einer Lasche aus Kupferblech den Stromzuführungsdraht.

Durch die zentrale Bohrung des Stopfens des oberen Tubus führt ein etwa 100 mm langes starkwandiges Glasrohr (am besten ein Stück Verbrennungsrohr), das nur etwa 10 mm weit in den Kolben hineinragt. Die lichte Weite dieses Rohres ist so zu bemessen, daß die Elektrode, die dünner sein kann als der untere Kohlenstab, darin eine feste Führung hat. Über das nach oben herausragende Ende des Glasrohres (Kanten abrunden!) und über die Kohlenelektrode zieht man ein etwa 50 mm langes Stück eines elastischen Gummischlauches. Dieser Gummischlauch muß sowohl an dem Glasrohr wie an der Elektrode fest anliegen, da er die Apparatur abdichten und bewirken soll, daß die Elektrode bei geringem Druck von oben leicht federt. Die Elektrode wird so eingestellt, daß ihre Spitze von der unteren Elektrode einen Abstand

[1] L. Dusart: Note sur la recherche du phosphore. Compt. rend. **43**, 1126—1127 (1856).

[2] E. Mitscherlich: Methode zur Entdeckung des Phosphors bei Vergiftungen. J. prakt. Chem. **66**, 238—244 (1855).

[3] Man kann diese Kolben bequem aus Jena-Rundkolben anfertigen lassen. Spezialkolben für den Versuch aus besonders hitzebeständigem Glas können von der Firma Hans Hilgers, Bonn, Meckenheimerallee 4, bezogen werden.

von 8 bis 10 mm besitzt. Am oberen Ende der Elektrode wird als Griff ein bis zur Mitte angebohrter Korkstopfen fest aufgesetzt und darunter eine Kupferlasche angebracht, an der der Stromleitungsdraht befestigt wird. Die Leitungsdrähte müssen gut isoliert sein, ihre freien Enden und die Kupferlaschen werden mit Isolierband umwickelt. Es ist zu prüfen, ob die beiden Elektroden sich durch einen Druck auf den Korkgriff leicht bis zur Berührung nähern lassen und nach Beseitigung des Druckes wieder in ihre Ausgangsstellung zurückkehren. Das Gaszuführungsrohr, das kurz unterhalb des Stopfens endet, führt zu einer Muenckeschen Waschflasche, die mit konzentrierter Schwefelsäure beschickt ist.

Das durch den unteren Stopfen geführte Gasableitungsrohr, das unmittelbar über dem Stopfen enden muß, führt zu einer Verdichtungsflasche (Standflasche), die zu $^3/_4$ ihrer Höhe mit Wasser gefüllt ist. Als Zuleitung dient ein T-Rohr, das bis fast zum Boden der Flasche reicht und am oberen Ende über einer Schlauchverbindung mit Schraubenquetschhahn ein kurzes Messingröhrchen trägt, in dessen unteren Teil man einen lockeren Glaswollebausch stopft. Das rechtwinklig gebogene Gasableitungsrohr der Flasche wird ebenfalls mit einem Schlauchstück mit Quetschhahn versehen und mündet in ein kurzes Glasröhrchen.

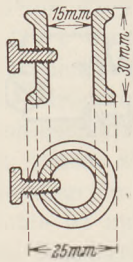


Fig. 2.

Der Stromkreis besteht aus der Netzspannung, einem Ampèremeter (20 Ampère) und einem Regulierwiderstand.

Das Reaktionsgemenge wird bereitet durch Verreiben von 6 g tertiärem Calciumphosphat mit 4 g feinem Quarzsand und 3 g Kohlepulver (Koks oder Holzkohle), alles in Sandkorngröße und staubfrei. Man kann auch das von Hempel verwendete Gemenge von 5 g Knochenasche, 3 g Sand und 1,5 g Holzkohle verwenden. Das Gemenge wird durch kräftiges Erhitzen in einem bedeckten Tiegel getrocknet und im Exsikkator zum Erkalten gebracht. Das trockene Reaktionsgemenge füllt man in den auf die Elektrode aufgesetzten Blumentopf ein, indem man es an den Wänden festdrückt und dafür sorgt, daß in der Mitte der Füllung ein kegelförmiger Raum bis zu der unteren Elektrode hin freibleibt.

Ausführung des Versuchs.

Der Versuch wird im verdunkelten Raum ausgeführt; es genügt, wenn das grelle Tageslicht abgeblendet wird. Die Reaktion kann im Wasserstoff- oder Kohlendioxydstrom durchgeführt werden. Bei Verwendung von Wasserstoff hat man sich sorgfältig zu vergewissern, daß die Luft vollkommen aus der Apparatur verdrängt ist, ehe der Lichtbogen erzeugt wird. Man schickt einen kräftigen Wasserstoffstrom durch die Apparatur, indem man ihn durch das Messingröhrchen entweichen läßt. Nach Verdrängung der Luft wird der Wasserstoff hier entzündet und der Gasstrom so gemäßigt, daß der Wasserstoff mit nicht zu großer ruhiger Flamme brennt. Durch einen Druck auf den Korkgriff der oberen Elektrode erzeugt man dann den Lichtbogen (10 bis 15 Ampère).

Die Wasserstoff-Flamme färbt sich alsbald smaragdgrün; die Erscheinung ist besonders schön, wenn man eine kalte Porzellanschale in die Flamme hält (Nachweis nach Dusart).

Nun wird die zu dem Messingröhrchen führende Leitung verschlossen und die andere Ableitung der Flasche geöffnet, so daß der Gasstrom durch das Wasser hindurchgehen muß. Der mitgeführte Phosphordampf verdichtet sich hier größtenteils, während an der Mündung des Ableitungsrohres eine lange „kalte Phosphorflamme“ zu beobachten ist. Es empfiehlt sich, durch eine kreisende Bewegung der oberen Elektrode von Zeit zu Zeit dafür zu sorgen, daß neue Substanz in den Flammenbogen fällt; die Ausbeute hängt wesentlich hiervon ab. Auch ist es ratsam, um eine gute Bildung von rotem Phosphor zu erzielen, nach einiger Zeit die Geschwindigkeit des Gasstromes

weiter zu mäßigen, so daß der Phosphordampf nicht zu schnell aus dem Kolben fortgeführt wird.

Nach 5 Minuten Versuchsdauer wird der Flammenbogen unterbrochen. Die ganze Innenseite des Kolbens ist nun mit einer dichten Schicht von leuchtend rotem Phosphor überzogen, in kühleren Teilen des Kolbens findet sich daneben auch gelber Phosphor. Die kalte Phosphorflamme ist noch stundenlang zu beobachten.

Wenn sich der Tiegel etwas abgekühlt hat, löst man die Verbindung mit der Verdichtungsflasche, ohne den Wasserstoffstrom abzustellen. Den Inhalt der Flasche benutzt man zum Phosphornachweis nach MITSCHERLICH.

Will man für andere anschließende Versuche größere Mengen gelben Phosphors erhalten, so muß man den Versuch bei größerer Gasgeschwindigkeit längere Zeit laufen lassen, was in den Spezialkolben unbedenklich geschehen kann.

Die Apparatur muß im Wasserstoffstrom vollkommen erkaltet sein, ehe sie auseinander genommen werden darf. Nach Entfernung der Elektroden leuchtet der ganze Kolben im Dunkeln hell auf.

Der Versuch kann ebenso im Kohlendioxydstrom ausgeführt werden; es empfiehlt sich dies wohl für das Praktikum von Schülerversuchen. Die Kohlenoxydflamme[1] wird durch den Phosphor ebenfalls intensiv grün gefärbt.

Vor dem Reinigen läßt man den Kolben am besten einige Zeit an feuchter Luft liegen. Die Reinigung erfolgt leicht durch Schütteln mit Wasser und feinem Sand, oder mittels konzentrierter Salpetersäure.

Für ihre Unterstützung bei der Durcharbeitung der Versuchsanordnung bin ich Fräulein LISELOTTE BEUMELBURG zu besonderem Dank verbunden.

Chemisches Institut der Universität Bonn. Anorganische Abteilung.

Kleine Mitteilungen.

Zum Foucaultschen Pendelversuch.

Von Dr. **Wilhelm Volkmann** in Berlin.

Im vorigen Jahre konnte die Staatliche Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht neue Räume beziehen. Sie sind in leichter und bescheidener Bauart als einstöckige Baracken ausgeführt. Zur Ausrüstung mußten die alten Stücke so weit als irgend möglich mit verwendet werden, andererseits wurde auf Grund der Erfahrungen mit dem Alten auch manches verworfen und Neues versucht.

Unser altes in einem etwa 5 m hohen Saal aufgehängtes Foucaultpendel hatte in bezug auf Handhabung, Deutlichkeit der Vorführung und Sicherheit des Ergebnisses so wenig befriedigt, daß seine Anbringung in den viel niedrigeren neuen Räumen, die infolge einer Umlenkung des Frachtwagenverkehrs jetzt sehr argen Erschütterungen ausgesetzt sind, zu noch schlechteren Ergebnissen geführt hätte. Es war also ratsam, die Bedingungen des Versuches erneut zu prüfen mit dem Ziel, das Gerät zu vereinfachen, die Beobachtungsweise zu verbessern und die Meßgenauigkeit zu steigern. Eine Durchsicht der früheren Untersuchungen erweckte in diesen Richtungen nicht wenig Hoffnung.

M. KOPPE teilt mit [diese Zeitschrift **1**, 15 (1887)], daß FOUCAULT seine ersten Versuche mit befriedigendem Erfolg an einem 2 m langen Pendel ohne künstliche Aufhängung ausgeführt habe und weist einige weitere Versuche mit 1 bis 4 m Pendellänge nach. An den Aufhängungen von FRICK und WEINHOLD bemängelte er die Unsymmetrie, die Ungleichheit des Trägheitsmomentes nach verschiedenen Richtungen zur Folge hat. Seine eigene Einrichtung hat im ganzen 12 Mk. gekostet und arbeitet

[1] Das Kohlenoxyd ist in der Hauptsache entstanden nach der endothermen Reaktion: $CO_2 + C \rightarrow 2\,CO - 38{,}4$ Kcal.

gut. Er beobachtet Ebenheit und Drehung der Schwingungen an dem Schatten, den eine 3 m entfernte Petroleumlampe wirft. Die Lampe wird an einem Maßstab verschoben, bis der Schatten nicht mehr schwankt, und aus dieser Verschiebung wird der Winkel leicht berechnet.

A. Schuller [Wiedemanns Ann. **19**, 249—252 (1883)] gleicht die Unsymmetrie des Cardanischen Gehänges durch verschiebbare Zusatzbelastungen aus und erhält mit 1 bis 2 m langen Pendeln nach sorgsamer Berichtigung gute Ergebnisse. Außer Draht wendet er zur Aufhängung auch Schnur an.

E. Adolph [diese Zeitschrift **8**, 312 (1895)] kommt bei 4,5 m Pendellänge mit einer behelfsmäßigen, also nicht besonders gut befestigten Aufhängung gut aus. Er zeigt den Schatten des Fadens stark vergrößert mit der Bogenlampe.

Berget [Comptes rendus **131**, 106 (1900)] nimmt statt des Fadenpendels ein Stabpendel mit zylindrischem Gewicht und wendet Mikroskopablesung an. Er beabsichtigt nicht Vorführung in der Vorlesung, sondern Feinmessung.

L. Weinhold [diese Zeitschrift **17**, 198 (1904)] berichtet auf Grund sehr zahlreicher Versuche am 17 m langen Pendel über die Bedeutung der verschiedenen Fehlerquellen. Am schlimmsten ist Luftzug, dann folgt Elliptizität der Schwingungen. Diesen gegenüber treten am langen Pendel Fehler im Cardanigehänge zurück.

P. Spies [diese Zeitschrift **18**, 227 (1905)] weist auf den Vorteil kurzer Gesamtdauer des Versuches hin, da einige Fehler schneller als mit der Zeit wachsen. Seine Mitteilungen seien hier darin ergänzt, daß er in Berlin die Versuche mit 5 cm großer Stahlkugel an 3 m langem Draht gezeigt hat. Er benutzt magnetische Auslösung der Stahlkugel und bedenklich große Schwingungsweiten. Die Drehung mißt er mit elektrischen Kontakten.

Daß Weinhold die Unsymmetrie seiner Aufhängung unschädlich findet, ist bei dem ungeheuren Trägheitsmoment seines 17 m langen Pendels verständlich; für uns mußten Koppes Bedenken dagegen sehr beachtlich erscheinen, zumal sie durch Schullers Versuche durchaus bestätigt werden. Gegen die Schneidenaufhängung spricht aber noch, daß damit eine dem Foucaultschen Versuch fremde Bewegung in das Pendel gebracht wird, nämlich die Lissajoussche Überlagerung zweier Schwingungen, die an zwei zueinander senkrechte Achsen gebunden sind, welche an der Foucaultschen Drehung nicht teilnehmen. Wenn beim Foucaultschen Versuch die Schwingung elliptisch wird, das Pendel also als allgemeines Raumpendel schwingt, so dreht sich die große Achse der Ellipse in dem Umlaufsinn der Ellipse. Das ist aber eine völlig andere Bewegung als bei den Lissajousschen Versuchen.

Man pflegt zu sagen, die Störung durch die Elliptizität wachse mit der Exzentrizität der Ellipse. Das ist unvollständig und auch nicht ganz richtig. Nehmen wir zwei Ellipsen vom Achsenverhältnis 1 : 10 an, die eine mit den Schwingungsweiten $\pm 1/2^0$ und $\pm 5^0$, die zweite mit den Schwingungsweiten $\pm 1^0$ und $\pm 10^0$, so verhalten sich die Schwingungsdauern längs der kleinen und großen Achse im ersten Fall wie 1 : 1,0005, im zweiten wie 1 : 1,002. Dieselbe Elliptizität ist also bei großen Schwingungen viel bedenklicher als bei kleinen. Ferner bewirkt die Voreilung des Ellipsenumlaufs bei einer sehr schmalen Ellipse eine kleinere Achsdrehung als bei einer breiteren, wie folgende Überlegung zeigt:

φ	T_φ/T_o	T_a/T_b		
0,5°	1,000005	1,000471	0,471	2,96
1°	1,000019	1,000457	0,914	5,71
2°	1,000076	1,000400	1,600	10,0
3°	1,000171	1,000305	1,830	11,4
4°	1,000304	1,000172	1,376	8,6
5°	1,000476	1,000000	0	0

Diese Tabelle gibt in der zweiten Spalte die Schwingungsdauer für den Schwingungsbogen 2φ, gemessen am Grenzwert für sehr kleine Schwingungen. In

der dritten Spalte sind elliptische Schwingungen angenommen; die große Halbachse ist 5^0, die kleine ist in der ersten Spalte angegeben. Berechnet ist die Schwingungsdauer für die große Achse, gemessen an der für die kleine Achse, also T_a/T_b. Der Überschuß über 1 gibt also an, welcher Bruchteil der zweiten Schwingung um die kleine Achse bereits vollendet ist, wenn eine Schwingung um die große Achse fertig ist. Es macht nichts aus, wenn hierbei die Schwingung für die große Achse vom Umkehrpunkt, die für die kleine Achse vom Durchgang durch die Ruhelage gezählt wird. Die Zahlen dieser Spalte sind am größten für die schmalste Ellipse; dies stimmt mit der vorher angeführten Aussage überein. Für die Beurteilung der Störung des FOUCAULTschen Versuches kommt es aber nicht auf diese Voreilung in Zeit, sondern auf das von ihr bewirkte Voreilen in Winkelmaß an, und dieses soll nun berechnet werden.

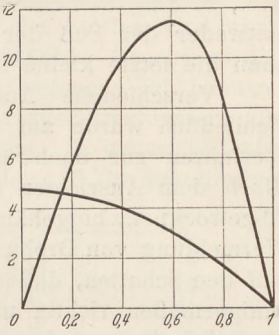


Fig. 1.

Der Überschuß in Zeit wirkt sich entsprechend der Schwingungsweite aus; er ist deshalb mit dem Verhältnis der kleinen zur großen Achse multipliziert worden, und Spalte 4 gibt hiervon das 10000fache an. In Richtung der kleinen Achse hat das Pendel dabei eine Geschwindigkeit, die es in der Zeit einer ganzen Schwingung um den Kreis mit dem Halbmesser b herumführen könnte. Aus diesem Grunde sind die Werte mit 2π multipliziert in Spalte 5 eingetragen worden. Diese Spalte gibt also in Bogenmaß die Voreilung an, gemessen an der großen Halbachse der Ellipse. In Fig. 1 ist das 10000fache der Voreilung in Zeitmaß und Bogenmaß für 5^0 Schwingungsweite und das Achsenverhältnis 0 bis 1 dargestellt. Das Bild hat sich nun völlig geändert, und sehr schmale Ellipsen zeigen sich jetzt so harmlos, wie man sie auch beim Versuch findet.

Die vorerwähnten Berichte und diese Überlegungen ermutigten dazu, den Versuch mit ganz einfachen Hilfsmitteln anzustellen, und die Erfolge übertrafen die Erwartungen noch. Als sehr einfach und zuverlässig kann die folgende Form empfohlen werden.

Der Pendelkörper ist ein schön gleichmäßiges Fläschchen von 30 bis 100 ccm Fassungsraum, das mit Bleischrot gefüllt ist. Mein Fläschchen wog gefüllt 305 g. Der Aufhängefaden ist eine aus Seide geflochtene Angelschnur, etwa 0,5 mm stark. Sie wird mit einer Stopfnadel durch den Kork gezogen, wobei es nur darauf ankommt, daß in der oberen Korkfläche das Loch genau in der Mitte ist. Unter dem Kork wird die Schnur an ein Stäbchen oder einen kleinen Ring geknüpft. Die Länge der Schnur richtet sich nach der Zimmerhöhe und der Tischhöhe; ich habe 215 cm Schnurlänge benutzt.

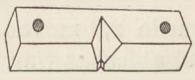


Fig. 2.

Das Lager ist in Fig. 2 abgebildet. Es besteht aus einem Buchenklotz 11 : 3 : 2 cm. In eine Längskante ist schräg eine Furche eingeschnitten, die fast zur Nachbarkante reicht. Hier ist mit einer scharfkantigen kleinen Dreikantfeile (Nadelfeile) die Furche steiler ausgearbeitet, so daß die Unterfläche des Klotzes einen scharfen Dreieckkerb von 2 bis 3 mm Tiefe bekommt. Diese Fläche wird dann mit feinem Sandpapier noch einmal übergeschliffen. In die Schmalseite, dem Kerb gegenüber, wird ein kleiner Nagel geschlagen zum Einhängen der Endöse der Schnur. Der Klotz wurde an ein Brett geschraubt, das sich an der Zimmerdecke befindet. Dabei wurden zwei durchbohrte Klötzchen zwischen gelegt, so daß man bequem die Schnur einhängen kann. Als Schwingungsrichtung gilt in der Regel die Richtung der Furche.

Die Beobachtung der Schwingungen geschieht am Schatten des Fadens. Es kommt darauf an, die Beleuchtung so einzurichten, daß die Ausschläge nach beiden Richtungen sich gleich gut abbilden und man außerdem bei jeder Schwingung erfährt, ob die Schwingung noch genau durch die Ruhelage des Pendellotes hindurchführt.

Eine Beleuchtungsweise, die das leistet, ergibt sich so: Das Schullämpchen Nr. 2[1] (6 Volt, 25 Watt), betrieben mit 8 Volt, wird so aufgestellt, daß die Wendelachse senkrecht steht. Sie wird mit einem Brillenglas von 12 bis 20 cm Brennweite verkleinert genau auf die Schnur des Pendels abgebildet. Das Zeichen für gute Einstellung ist, daß der etwa 2 m entfernte Schirm einen breiten symmetrischen Schatten in hellem Felde zeigt. Die sphärische und chromatische Abweichung des Brillenglases machen sich nicht so störend bemerkbar, wie man wohl erwartet. Man erleichtert sich das Einstellen, wenn man während dieser Zeit die Flasche in ein Glas Wasser eintauchen läßt, so daß die Schwingungen stark gedämpft werden. Ferner ist es bequem, wenn entweder der Fuß der Lampe oder der Fuß der Linse Stellschrauben hat, so daß man die letzte kleine Seitenverschiebung des Bildchens damit bewirken kann.

Verschiedene Auslösevorrichtungen haben sich als unzuverlässig erwiesen. Schließlich wurde auf solche Vorrichtungen ganz verzichtet, nachdem ein einfaches Verfahren zur nachträglichen Berichtigung der Schwingungen sich bewährt hatte. Nach dem Ausrichten der Beleuchtung wird das Glas Wasser entfernt, die Flasche abgetrocknet, hingehängt und einigermaßen beruhigt. Dann führt man sie unter Vermeidung von Drehungen mit zwei Fingern um etwa 8 cm gegen die Linse, achtet auf den Schatten, daß er mitten im Gesichtsfeld ist, und läßt los. Ist die Schwingung einigermaßen richtig und mit den Umkehrpunkten mitten im Feld, so wartet man zunächst einige Sekunden ab, bis die Schaukelschwingungen der Flasche aufgehört haben und beobachtet, in welchem Sinne die Ellipsen der Schwingung durchlaufen werden. Dann bläst man mit dem Mund an dem einen Umkehrpunkt die Flasche entgegen der Querbewegung an. Mit zwei- bis dreimaliger Wiederholung dieses Blasens gelingt es nach kurzer Übung, die Elliptizität zu beseitigen, und das Pendel ist nun zur Beobachtung fertig. Man kann noch durch Aufstellen einiger Pappschirme, wenn nötig, das Pendel vor Luftzug schützen. Aber auch ohne diese Vorsicht blieb bei meinen Versuchen die Schwingung meist mehr als 10 Minuten gut. Auch in der Querrichtung zu der Furche wurde das Pendel ziemlich brauchbar gefunden. Anzeichen der Elliptizität traten meist nach 5 Minuten auf, doch waren mehr als 10 Minuten hindurch die Umkehrpunkte noch gut ablesbar. Selbst unter 45^0 zur Furche waren die Schwingungen nicht so schlecht, wie ich erwartet hatte. Vier Minuten Beobachtungsdauer waren immerhin zu erhalten.

In Berlin ist die stündliche Drehung fast genau 12^0. Eine Zentimeterteilung wurde 2,2 m vom Pendel so schräg (etwa 45^0) gestellt, daß sie von den Plätzen her gut ablesbar war, und der Schatten in der Minute gerade um einen Teilstrich wanderte.

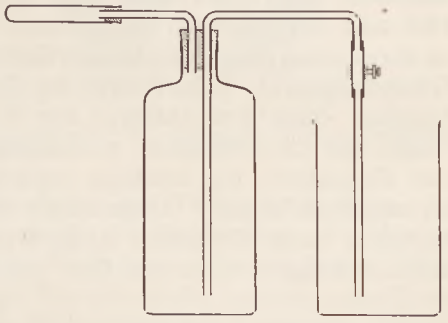
Für den Schulversuch entspricht das beschriebene Gerät meines Erachtens allen Anforderungen an bequeme Handhabung und Genauigkeit des Ergebnisses. Viel trägt zu dem guten Erfolg bei, daß das Beobachtungsverfahren mit sehr geringen Schwingungsweiten auskommt. Die in Fig. 1 dargestellten Fehlermöglichkeiten waren dadurch auf den sechsten Teil herabgedrückt. Mit einem dünneren Aufhängedraht, einer Lampe mit gespanntem Faden, einer gut berichtigten Linse und Lupenablesung an der Teilung kann man sicher noch weiter kommen und wirkliche Feinmessungen an noch kleineren Schwingungen ausführen. Man wird dann natürlich auch die Aufhängung noch verfeinern. Man kann z. B. den Aufhängedraht in einer genauen Gießform mit Woodschem Metall umgeben, das sich beim Erstarren ausdehnt und sehr fest an den Draht legt. Man kann auch, einem älteren Beispiel folgend, in einem Rohr zwei Böden anbringen, die genau zentrisch und gerade zum Draht passend durchbohrt sind. Diese Aufhängevorrichtungen sind genau senkrecht auszurichten. Es dürfte sich hier um eine dankbare Aufgabe für eine geübtere Schülergruppe handeln, denn kostbare Hilfsmittel sind nicht erforderlich.

[1] Diese Zeitschrift 44, 159—161 (1931).

Gasvolumetrische Versuche mit größeren Stoffmengen.

Von **W. Franck** in Hamburg.

Schülerversuche, bei denen die einfachen Praktikumswaagen benutzt werden, liefern im allgemeinen Ergebnisse, die mindestens um 0,03 bis 0,05 g vom theoretischen Wert abweichen, es sei denn, daß die Fehler der jugendlichen Experimentatoren und die Ungenauigkeit der Schulapparatur sich aufheben. Um die Fehler in erträglichen Grenzen zu halten, wird man deshalb möglichst mit Stoffmengen arbeiten lassen, die das 25- bis 30fache dieser Differenzen betragen. Die Menge des Stoffes wird aber durch seinen Preis und durch die Größe der Apparatur beschränkt. Besonders die üblichen Gasauffanggeräte ziehen den Schülerversuchen enge Grenzen. Ich benutze deshalb bei Experimenten, die sich mit geringen Mengen nicht ausführen lassen, die von L. DOERMER empfohlenen Gasmeßflaschen (siehe die Figur), in denen beliebig große Gasvolumina aufgefangen werden können[1]. Mit ihnen läßt sich z. B. die quantitative Zerlegung des Wassers durch Zinkstaub, wobei der Wasserstoff gasanalytisch, der Sauerstoff gewichtsanalytisch bestimmt wird, mit einem ausreichend genauen Ergebnis durchführen:



Käuflicher Zinkstaub enthält immer Zinkhydroxyd, aus dem in der Wärme durch Einwirkung des Metalls Wasserstoff entsteht. Man erhitzt deshalb das Metallpulver vor dem Versuch im geschlossenen Tiegel und läßt es im Exsikkator abkühlen. Dann füllt man ein schwer schmelzbares Reagenzglas mit ungefähr 10 g Zinkstaub, wägt es auf einer Praktikumswaage und befestigt es in fast waagerechter Stellung an einem Stativ. Durch vorsichtiges Drehen und Klopfen bildet man aus dem Zinkstaub eine möglichst lange, flache Schicht und läßt dann aus einer Pipette 2 bis 3 ccm destilliertes Wasser in das Rohr fließen. Die Flüssigkeit wird auf diese Weise fast vollständig von dem Metallstaub aufgesogen.

Die zum Auffangen des Gases benutzte Flasche ist eine gewöhnliche Rollflasche von reichlich 2000 ccm Inhalt. Man eicht sie, indem man die Wassermenge mißt, die sie bei der Füllung bis zum Halsansatz faßt. (Es ist praktisch, die Zahl mit dem Diamanten oder mit Ölfarbe auf die Flasche zu schreiben.) Das doppelt gebogene Glasrohr wird vor dem Aufsetzen des Gummistopfens mit Wasser gefüllt und die Klemmschraube geschlossen. In das zweite Gefäß (pneumatische Wanne oder Becherglas) wird soviel Wasser gegossen, daß das Ende des Ableitungsrohres gerade eintaucht. Dann verbindet man das mit Zinkstaub und Wasser gefüllte Röhrchen mit dem Apparat, öffnet die Klemmschraube und erhitzt seinen Inhalt mit einer leuchtenden Gasflamme, indem man von der Mündung an sehr langsam bis zum anderen Ende vorschreitet. Zum Schluß verjagt man mit einer heißen Flamme die letzten Wasserreste aus dem Rohr und läßt es abkühlen. Man bringt dann die Wasserspiegel in beiden Gefäßen auf gleiche Höhe, schließt die Klemmschraube, öffnet die Flasche und mißt das aus ihr nicht verdrängte Wasser in einem Meßzylinder. Der Versuch gibt nur dann gute Werte, wenn sich 1200 bis 1600 ccm Wasserstoff entwickelt haben. Der vom Zinkstaub aufgenommene Sauerstoff wird durch eine zweite Wägung des Röhrchens bestimmt. Es reagiert immer nur ein Teil des Wassers mit dem Metall, das übrige destilliert unzersetzt in die Meßflasche. Während des Versuches reißt der Wasserstoff eine unwägbare Menge Zinkstaub mit sich.

[1] Siehe ARENDT-DOERMER, Technik der Experimentalchemie, 5. Aufl., S. 134.

Ergebnisse:

Gewichtszunahme des Zinkstaubröhrchens . . .	1,12 g	0,62 g	0,95 g	1,17 g
Aufgefangener Wasserstoff	1678 ccm	836 ccm	1477 ccm	1862 ccm
Barometerstand	770 mm	766 mm	760 mm	753 mm
Temperatur	20°	18°	20°	18,5°
Gewichtsverhältnis H:O	1:8,0	1:8,9	1:7,9	1:7,7

Ergebnisse eines Schülerpraktikums (IIa):

Gewichtsverhältnis H:O . . .	1:8,1	1:7,9	1:8,1	1:8,1	1:8,0	
	1:7,7	1:7,7	1:8,8	1:7,8	1:7,8	
	1:7,8	1:7,3	1:6,8	1:6,9	1:7,9	1:8,3

Mittelwert: 1:7,8.

Analyse des Chlorwasserstoffs.

Ein Erlenmeyerkolben aus SCHOTTschem Duranglas von 250 ccm Inhalt wird mit ungefähr 15 g reinem Stangenzink und einem Röhrchen von 20 ccm Fassungsvermögen beschickt, einige Sekunden lang mit einer Flamme erwärmt und gewogen. Dann füllt man das Röhrchen durch einen Trichter mit 15 ccm konz. Salzsäure, verschließt es durch einen Gummistopfen mit Knierohr und verbindet es mit dem oben beschriebenen Gasauffanggerät. Beim Neigen des Kolbens fließt die Säure zum Zink, und die Reaktion beginnt. Nach dem Aufhören der Wasserstoffentwicklung erhitzt man den Kolben so lange, bis die Flüssigkeit vollständig in die Gasmeßflasche hineindestilliert ist und das Zinkchlorid, das zunächst als Kruste auf dem nicht zersetzten Zink zurückbleibt, zu schmelzen beginnt. Dann nimmt man den Apparat wie oben angegeben auseinander, vertreibt durch Erwärmen einige Wassertröpfchen, die manchmal noch am Hals des Kolbens hängen, bläst den Rest des Salzsäuregases heraus und wägt wieder.

Ergebnisse:

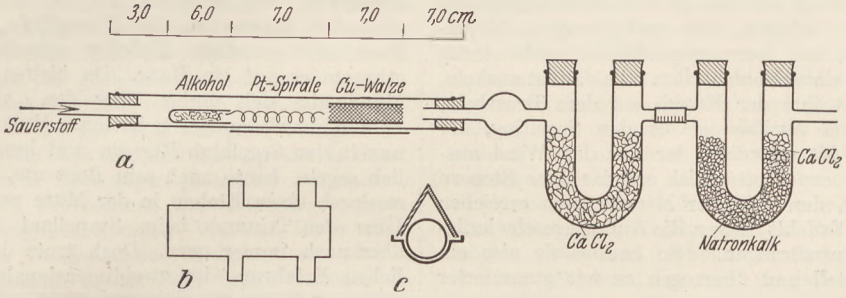
Gewichtszunahme des Kolbens	2,78 g	3,13 g	5,45 g	3,71 g
Aufgefangener Wasserstoff	958 ccm	1007 ccm	1898 ccm	1271 ccm
Barometerstand	759 mm	764 mm	764 mm	762 mm
Temperatur	18°	17°	18°	17°
Gewichtsverhältnis H:Cl	1:35,2	1:37,2	1:34,6	1:35,1

Quantitative Elementaranalyse im Schauversuch.

Von **W. Flörke** und **W. Vogt** in Gießen.

Wir beschreiben im folgenden ein Verfahren, das gestattet, die quantitative Elementaranalyse des Alkohols im Schauversuch mit befriedigendem Ergebnis durchzuführen. Ein 30 cm langes Stück Verbrennungsrohr liegt mit seinem vorderen Teil in einer 16 cm langen, mit Asbestpapier ausgekleideten Blechrinne. Diese Rinne, die man sich aus einem Stück Blech selbst zurechtbiegt, versieht man zu beiden Seiten mit kurzen Ansätzen (s. die Fig. b, c), so daß man über den Vorderteil der Röhre ein Asbestdach von 10 cm Länge stellen kann. Unter das Dach kommt in die Röhre eine 7 cm lange Kupferdrahtnetzwalze, daran anschließend eine 7 cm lange Platindrahtspirale aus 0,2 mm starkem Draht. Man braucht dazu 20 cm Draht, der etwa 0,3 g wiegt und ungefähr 1.80 RM kostet. Die Spirale macht man etwa 6 mm weit. Das Ende der Spirale ragt einige mm in ein Glührörchen (5 cm lang, 5 mm innen weit), das mit Asbestfasern gefüllt ist, die den zu verbrennenden Alkohol aufsaugen. Das Glührörchen liegt außerhalb der Blechrinne. Zur Durchführung der Verbrennung schließt man an das Verbrennungsrohr zwei U-Röhren von etwa 10 cm Schenkellänge an, von denen die eine mit $CaCl_2$, die andere mit Natronkalk gefüllt ist. Dann erhitzt man mit einem Teklubrenner mit Schnittbrenneraufsatz die Kupferdrahtnetzwalze zu starker Glut und leitet einen langsamen Sauerstoffstrom, den man vorher durch eine Waschflasche mit Kalilauge und dann durch eine zweite mit konzentrierter Schwefelsäure

geschickt hat, hindurch. Mittlerweile beschickt man das Glührörchen mit Alkohol und führt es so in die Röhre ein, daß das Ende der Platindrahtspirale einige Millimeter in seine Mündung ragt. Mit einem kleinen Hilfsflämmchen, das man nur zeitweise unter die Röhre führt, verdampft man den Alkohol so langsam, daß aus der Mündung des Glührörchens ständig ein kleines Alkoholflämmchen herausbrennt. Durch die Platindrahtspirale ist dafür gesorgt, daß sich der Alkoholdampf schon an der Mündung des Röhrchens entzündet und nicht erst ein explosibles Gemenge sich bildet, das im vorderen Teil der Röhre zur Entzündung kommt. Das Glührörchen muß nämlich weit genug von der glühenden Kupferdrahtnetzwalze entfernt sein, damit nicht durch strahlende Wärme



a Gesamtanordnung; b Form des Blechstücks, aus dem die Rinne gebogen wird; c Querschnitt durch Blechrinne, Glasröhre und Asbestdach.

eine zu rasche Verdampfung einsetzt, die zu unvollständiger Verbrennung führt. Bei Einhaltung der angegebenen Bedingungen wird durch die Kupferwalze, die sich im Sauerstoffstrom rasch oxydiert, eine vollständige Verbrennung gewährleistet. Ohne Kupferwalze, nur mit Platinkontakt, konnten wir nur hin und wieder befriedigende Werte erhalten, während bei Verwendung der Walze jede Bestimmung gute Ergebnisse lieferte. Die Verbrennung des Alkohols soll in 10 Minuten durchgeführt sein. Am Ende der Verbrennung wird auch der hintere Teil der Röhre noch kurze Zeit stark erwärmt. Die Absorptionsröhren können nach wenigen Minuten gewogen werden.

Wenn man die erste Wägung der Absorptionsröhren vor der Unterrichtsstunde ausführt, den Alkohol, dessen spezifisches Gewicht man vorher genau bestimmt hat, mit einer in $^1/_{100}$ ccm eingeteilten Pipette abmißt, und die Schlußwägung in der Stunde selbst ausführt, so kann man in etwa 20 Minuten den Versuch durchführen. Die Wägung der Absorptionsgefäße erfolgt auf der Demonstrationswaage auf 5 mg genau. Einen genügend wasserfreien Alkohol erhält man, wenn man eine kleine Menge 96%igen Alkohol zweimal mehrere Tage über entwässertem Kupfervitriol stehen läßt und dann abpipettiert. Wir benutzten immer 0,5 ccm für jeden Versuch. Einige Ergebnisse, die wir so erhielten, seien angeführt:

Atomzahlenverhältnis C : H : O = 1,96 : 6,07 : 1
1,94 : 5,92 : 1
1,82 : 5,80 : 1
1,87 : 5,83 : 1.

Berichte.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Die allerersten Flugversuche in Ostpreußen und überhaupt. Von Prof. G. VOGEL, Studienrat i. R. in Königberg i. Pr.

In einem Aufsatz in der Königsberger Allgemeinen Ztg. „Aus den Jugendtagen ostpreußischer Fliegerei", der zur Königsberger Flugwoche erschien, wird erzählt, daß der erste Flugversuch in Königsberg vor 23 Jahren unternommen wurde, im Mai 1908, an der Wiege der Ostpreußischen Fliegerei, am Veilchenberg.

Dieser schöne Berg, eigentlich nur der Steilhang zum Pregeltal, westlich der Stadt, ist allerdings die Wiege der Königsberger Fliegerei, aber diese wurde dort schon fast 30 Jahre früher gewiegt, worauf sich wohl noch mancher ältere Königsberger besinnen wird.

Zwei „Oberlehrer" am Löbenichtschen Realgymnasium, Prof. FRITSCH, der dort Physik und Mathematik lehrte, und Prof. MICHELIS, der Vertreter der Chemie und beschreibenden Naturwissenschaften, waren auf den Gedanken gekommen, den Schwebeflug der besten oder wenigstens besseren Flieger unter den Vögeln, der Raubvögel, Möven, Storchvögel nachzuahmen. MICHELIS setzte mir, der ich ihm 1885 als Probekandidat überwiesen wurde, auseinander, was für Gedanken die beiden Freunde leiteten. „Sehen Sie mal, den plumpen Flug, wie ihn die Hühner und Sperlinge zu Wege bringen, mit andauerndem Flügelschlagen, den kann der Mensch nicht fertig bringen, dazu fehlen ihm die Brustmuskeln, dazu fehlt ihm der Kamm auf dem Brustbein, an dem sie ansitzen. Aber den Segelflug, der keine Arbeit erfordert, der nur den Wind ausnutzt, wo es hauptsächlich auf das feine Steuern ankommt, den muß der Mensch auch erreichen können. Es fehlt da nur, die Anfangsgeschwindigkeit herauszubringen." So bauten sie also ein Flügelgestell und überzogen es mit gummierter Leinwand.

Dabei hätten sie sich auf ein Haar beide vergiftet. Sie hatten den Gummi in Schwefelkohlenstoff gelöst und bepinselten mit der Lösung in einem Schuppen die Leinwand. Die verdunstende Flüssigkeit betäubte die Anstreicher, die noch gerade das Freie erreichen konnten und erst draußen in Ohnmacht fielen.

Mit dem so gebauten Flugapparat — wie mag er wohl ausgesehen haben? — zogen sie nun in den ersten achtziger Jahren zum Veilchenberg, an dessen Fuß neben der Neuen Bleiche noch lange keine Schrebergärten eingerichtet waren. Hier sollte nun die fehlende Anfangsgeschwindigkeit durch den Sprung vom Steilhang ins Pregeltal erreicht werden. Später wurde dann ein etwa 15 m hohes Gerüst aufgestellt, von dem sie mit kühnem Mut heruntersprangen, also etwa wie SCHULZ mit seinem Besenstielapparat. Große Flüge haben sie wohl nicht gemacht. Einer von ihnen hatte sich dabei stark den Fuß verstaucht. FRITSCH gab den Fluggedanken ganz auf. Und MICHELIS verriet mir: „Die Fliegerei ging nicht ordentlich los, weil wir nicht richtig segeln konnten! Wie soll man in der Luft, also im dreidimensionalen Raum segeln, wenn man nicht im 2 dimensionalen, also auf der Wasseroberfläche segeln kann."

So fing er an zu segeln. Und nun ist es kennzeichnend für MICHELIS, wie er das anfing, er, der zunächst in der Technik tätig gewesen war und dann erst Naturwissenschaften studiert hatte. Er entwarf eine Zeichnung für das Boot, einen sog. „Spantenriß". Als Ballast erfand er den sog. „Wulstkiel". Das ist ein gußeiserner, zigarren- oder torpedoförmiger Körper, der mit dem Boot durch eine dünne Platte verbunden ist. Dadurch wird der Schwerpunkt tief gelegt und das Boot stabiler. Heute haben ihn alle Rennboote, der Name des Erfinders ist vergessen. Der Kiel wurde in der Uniongießerei hier gegossen, das Boot bei HOFFSTADT in Pillau gebaut. Auf der Werft dort kamen alle Morgen die pensionierten Kapitäne zusammen und begutachteten den Bau, ehe sie sich in die „Ilskefalle" begaben, um sich zur Nachmittagsuntätigkeit zu stärken. Als nun das Boot zum Stapellauf fertig und bis zur berechneten Wasserlinie rot gestrichen wurde, lachten alle alten Seebären. Sie meinten, der schwere Kiel werde das Bootchen, es hieß Nuckel oder Puck, das weiß ich heute nicht mehr, einfach in die Tiefe ziehen.

Natürlich war halb Pillau zum Stapellauf erschienen, und siehe da, bis auf Fingerbreite ging das Wasser an die Wasserlinie, und als Mast und sonstiges Zubehör eingebaut war, stimmte es auf ein Haar. Da hielten alle den Mund, die sich vorher über den „verrückten Schulmeister" amüsiert hatten. MICHELIS trat nun in den Segelklub Rhe ein und lernte gründlich segeln, baute auch sein Boot um, indem er es durch einen Einbau in der Mitte verlängerte. Über den Triumph beim Stapellauf sprach er aber noch immer gern. Doch trotz der gründlichen Erfahrung im zweidimensionalen Segeln nahm er leider die Fliegerei nicht wieder auf. Er wurde ja auch immer älter. FRITSCH machte nicht mehr mit, und so haben erst etwa 20 Jahre später andere die Segelfliegerei aufgenommen.

Aber FRITSCH und MICHELIS waren noch nicht die ersten Ostpreußen, die die Segelfliegerei ausproben wollten. Schon 10 Jahre früher, ums Jahr 70 herum, hat der Arzt Dr. med. RÖSSMANN in Allenburg Apparate gebaut und viel Geld damit verpulvert.

Eine seiner beiden Töchter, Frl. RÖSSMANN, die noch heute als Kleinrentnerin in Königsberg lebt, kann über Form und Größe des Fluggestells und über die Erlebnisse ihres Vaters dabei nichts aussagen.

Schade, daß MICHELIS die Fliegerei nicht wieder aufgenommen hat. Bei der Begabung für die Technik, wie er sie beim Bootsbau bewiesen hat, wäre sicher etwas Ersprießliches herausgekommen. So aber ist sein Andenken fast völlig erloschen, und dabei war er auch sonst ein hochbegabter Mensch, der ausgezeichnet photographierte, künstlerisch Violine spielte und der Erste war, der in Ostpreußen „Veloziped", d. h. Hochrad, fuhr.

Aber für die Ostpreußen bleibt der Ruhm, sich als erste mit der Segelfliegerei befaßt zu haben, abgesehen vom Regierungsbaumeister DÄDALUS, dem Schmied WIELAND und dem Schneider von Ulm. Ex oriente lux! Und die Luchse sind wir Ostpreußen.

Entstehung und Ausbreitung der Alchemie[1].

Jeder gebildete Deutsche kennt die schönen Worte, mit denen Faust beim Osterspaziergang die Tätigkeit seines Vaters schildert. Trotz der scharfen Absage an die Alchemie betonen diese

[1] EDM. O. v. LIPPMANN, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. Bd. 2. Eine Lese- und Nachschlage-Buch. VII u. 257 S. Berlin 1931, Jul. Springer. RM 24—, geb. RM 26,60.

Verse die Redlichkeit des Arbeitenden. GOETHE selbst hatte sich längere Zeit mit alchemistischen Lehren und Versuchen abgequält und sich schließlich zu einem Urteil durchgerungen, das er in den „Materialien zur Geschichte der Farbenlehre" über alle unausrottbaren menschlichen Irrtümer ausdehnte: „Denn eigentlich ergreift der Aberglaube nur falsche Mittel, um ein wahres Bedürfnis zu befriedigen, und ist deswegen weder so scheltenswert, als er gehalten wird, noch so selten in den sogenannten aufgeklärten Jahrhunderten und bei aufgeklärten Menschen". Betrübliche Torheiten unserer Zeit bewiesen, daß wir keineswegs berechtigt sind, mit Spott und Hohn auf die Jünger der Alchemie herabzusehen.

Die Alchemie ging von dem Glaubenssatz aus, daß alle Dinge der Welt aus ganz wenigen Elementen aufgebaut sind und durch passende Handgriffe, durch Hinzufügen geeigneter Bestandteile und durch Fortnehmen unzweckmäßiger, ineinander übergehen können. Von den leicht nachprüfbaren Tatsachen des Umfärbens der Metalle durch Zusatz bestimmter Stoffe kamen die Alchemisten zu der Sonderaufgabe, aus unedlen Metallen echtes Gold herzustellen. Bezeichnenderweise sollte das große Meisterstück in dem Auffinden einer Tinktur bestehen, tinctura heißt „das Färbende"; ein Streupulver, ein *ξήριον* [Xerion] sollte mit wenigen Körnchen schier unbegrenzte Mengen unedler Metalle in Gold verwandeln. Durch Hinzufügen des arabischen Artikels „al" wurde das alte griechische Wort zum al iksir, zum Elixier. Aber die äußerlichen Mittel allein nutzten nichts, es mußten angeblich überirdische Kräfte mitwirken: das Entstehen der Metalle wurde an die Lenker und Geister der Planeten gebunden gedacht; nur bei günstigen Zeiten des Umlaufs der Gestirne war ein Erfolg zu erwarten. Dann freilich sollte das Elixier nicht bloß die Metalle von ihren Unreinigkeiten heilen, es sollte auch ein Allheilmittel für alle menschlichen Krankheiten sein, eine Panazee [*πᾶν* (pan) = alles; *ἀκέομαι* (akeomai) = ich heile], die Gesundheit, dauernde Jugend und sogar ewiges Leben verleiht. Neben diesen höchsten Zielen erstrebten die Alchemisten auch ein Lösemittel, in dem alle Stoffe ohne Ausnahme aufgelöst werden. Auf die Frage, worin dieser Alkahest aufbewahrt werden könnte, kamen sie anscheinend niemals.

E. O. v. LIPPMANN hat sein einzigartiges Buch „Entstehung und Ausbreitung der Chemie" [Berlin 1919, Jul. Springer] durch einen zweiten Band ergänzt, in dem er nach Schlagworten geordnet alles zusammengefaßt hat, was seit dem Erscheinen des ersten Teils erforscht und veröffentlicht worden ist, um das Entstehen und den Wandel der alchemistischen Lehren zu erklären.

Aus Ägypten, wo der Sage nach die Wiege der Alchemie gestanden hat, ist eine Reihe gut erhaltener Papyri bekannt, die von naturwissenschaftlichen, auch chemischen Dingen handeln. Der Papyrus Ebers aus der Zeit um 1500 v. Chr. ist ein Buch der Heilkunde, das zahlreiche Stoffe benutzt, aber von keinem einzigen angibt, wie er gewonnen wird. Zwei andere Papyri, der Leidener Nr. X und der Stockholmer, die beide der Schrift und der Form nach aus dem dritten nachchristlichen Jahrhundert stammen, berichten über Verfahren und Kniffe, um Edelmetalle zu bearbeiten und um Edelmetalle, Edelsteine und kostbare Farben zu verfälschen und nachzuahmen. Sie sind voll von Mystik; eigentlich Alchemistisches enthalten sie jedoch nicht. Sie gehen letzten Endes zurück auf die Schriften des BOLOS DEMOKRITOS, der um 200 vor Chr. lebte und aus der Stadt Mendes im Nildelta stammte. BOLOS MENDESIOS gehörte dem Mönchsorden der Neu-Pythagoreer an, die in Klöstern zu festen Verbänden zusammengeschlossen waren, eigene Werkstätten besaßen und pythagoreische Lehren mit orientalischer Mystik zu vereinen suchten: die Lebewesen, die Steine und die Metalle wurden von ihnen als Träger geheimnisvoller Kräfte betrachtet, die Krankheiten heilen, Reichtum, Glück und Wunderkräfte zu verleihen vermögen. Die rein technischen Färbebücher — *Βαφικά* (Baphika) —, die magisch-mystischen Arbeitsbücher — *Χειρόκμητα* (Cheirokmeta) = Handgriffe —, die umfangreiche Naturkunde — *Φυσικά* (Physika) — des Magiers DEMOKRITOS gaben den Anstoß für die magisch-mystischen Schriften der späteren Alchemisten, die nicht mehr auf Ersatz von Gold und Silber ausgingen, sondern durch die „Kunst" wirkliche Edelmetalle aus unedlen Stoffen gewinnen wollten. Der Magier ANAXILAOS, der im Zauberlande Thessalien geboren war, um 40 vor Chr. nach Rom kam und dort 28 vor Chr. ausgewiesen wurde, hatte die Färbebücher des BOLOS VON MENDE neu herausgegeben. Auf ihn und auf SEXTUS JULIUS AFRIKANUS, der in Jerusalem zu Hause war (gestorben vor 300 nach Chr.), beruft sich der Stockholmer Papyrus ausdrücklich.

Die Neu-Pythagoreer brachten ihre Lehren um 150 vor Chr. nach Syrien und Palästina. Von Syrien aus kamen die griechischen und hellenistischen Bildungsgüter im Laufe des 5. Jahrhunderts mit den um der Religion willen verfolgten Nestorianern nach Mesopotamien, Chorasan und Transoxanien, in deren Großstädten sie vor den orthodoxen Byzantinern sicher waren. Dort — in Gondisâpûr, Merw, Balch, Chiwa, Bochara, Samarkand — entstanden in den dunklen Jahrhunderten vor dem Eindringen des Islams Hochburgen gelehrter Arbeit, hauptsächlich Ärzteschulen, in denen neben der Heilkunde auch Alchemie getrieben wurde. Neue Stoffe, von denen das Abendland noch nichts wußte, Salmiak, persische und indische Drogen, wurden als bedeutsam in den Arzneischatz aufgenommen und führten — z. B. durch die rätselvolle Flüchtigkeit des Salmiaks — zu neuen Theorien.

Die syro-persische Bildung des nordöstlichen Irans, in der hellenistische und orientalische Kenntnisse und Gedanken innig miteinander vermengt waren, übernahmen die Araber um die Mitte des achten Jahrhunderts und brachten sie in ihrem Siegeslaufe zurück nach dem Westen.

R. Winderlich, Oldenburg i. O.

4. Unterricht und Methode.

Über die Jupiterbahn und ihre elementare Bestimmung. Bericht von E. WAAGE in Freiwaldau.

Die Beobachtungsdaten.

A. HÖFLER, der seinerzeitige Mitherausgeber dieser Zeitschrift, erzählt in seiner Didaktik der Himmelskunde von einem Abiturienten, der über die KEPLERschen Gesetze zwar trefflich Bescheid wußte, aber auf die Zwischenfrage, ob er schon einmal einen Planeten gesehen habe, antwortete: „Die kann man ja gar nicht sehen!" Heute ist es wohl selbstverständlich, daß man den Schülern zuerst die gerade sichtbaren Wandelsterne zeigt und sie beobachten läßt, wie sich ihr Ort zwischen den Fixsternen ändert, bevor man auf die Besprechung ihrer Bewegung eingeht. Eine Reihe von Aufsätzen [1] schlägt vor, auf der Oberstufe daran eine systematische Behandlung des Übergangs von der geozentrischen zur heliozentrischen Betrachtungsweise zu knüpfen. Solange man nämlich nur von Erde, Sonne und Mond spricht, erscheint dieser Übergang recht unzweckmäßig, da er die Sachlage nur kompliziert und kann höchstens mit dem Größenverhältnis von Erde und Sonne begründet werden [2]; erst wenn man die Planeten hinzunimmt, bringt er eine wirkliche Vereinfachung.

Will man nun aber aus der sog. scheinbaren Bahn eines Planeten durch die Sternbilder des Tierkreises die Theorien der Planetenbewegung entwickeln, wozu auch die Bestimmung der wichtigsten Bahnelemente (so nennt der Astronom die Bestimmungsstücke der Planetenbahnen) nötig wird, so ist es recht schwierig, sich die Ausgangsdaten zu verschaffen. Am meisten befriedigen würde es, wenn man mit den in den Schülerübungen angestellten Beobachtungen auskommen könnte; aber abgesehen davon, daß man eine größere als die dort meist erreichbare Genauigkeit wünscht, erstrecken sie sich auf einen viel zu kurzen Zeitraum. Wir brauchen Jupiterbeobachtungen, die sich über einen vollen Umlauf, also 12 Jahre, erstrecken. Die GAUSSsche Methode zur Bestimmung der Planetenbahnen erfordert freilich nur 3 Beobachtungen (die aber auch möglichst weit auseinanderliegen sollen), sie setzt jedoch die Kenntnis der KEPLERschen Gesetze, die wir erst ableiten wollen, voraus. KEPLER leitete sie bekanntlich an der Marsbahn ab und hätte keine bessere Wahl treffen können. Aber gerade die Umstände, die für seine Zwecke günstig waren, z. B. die größere Erdnähe, verwirren bei der ersten Betrachtung. Hierzu eignet sich Jupiter am besten, dessen Bahn sich infolge der Beobachtung aus größerer Entfernung bedeutend übersichtlicher darstellt.

Die zitierten Aufsätze schlagen nun vor, von den Schülern nur die Tatsache der Rückläufigkeit und der Schleifenbildung durch eigene Beobachtung feststellen zu lassen, den weiteren Betrachtungen aber vorausberechnete Ephemeriden zugrundezulegen. Diese — z. B. die „Himmelserscheinungen" dieser Zeitschrift — haben nur den Zweck, jederzeit ein möglichst rasches Auffinden des Planeten zu ermöglichen und geben seinen Ort daher in Äquatorkoordinaten an. Wir aber brauchen ihn in Ekliptikkoordinaten, und so wird vom Lehrer verlangt, daß er entweder die Koordinaten verwandle oder eine neue Ephemeride rechne; beides ist eine lästige Arbeit, der man sich schon deshalb ungern unterziehen wird, als ja eine Ephemeride in Ekliptikkoordinaten existiert, nämlich in der Connaissance des Temps. Immerhin sind auch hier Interpolationen und Reduktionen auf ein gemeinsames Äquinoktium erforderlich, die für den Nichtastronomen vielleicht umständlich sind; vor allem aber ist die Connaissance des Temps, von der doch 12 bis 13 Jahrgänge benötigt werden, recht schwer zugänglich: Die Grazer und sogar die Wiener Sternwarte, denen ich die im folgenden benutzten Daten verdanke, gaben den Bezug nach dem Kriege auf.

So wird es vielleicht doch nicht überflüssig erscheinen, die Behandlung des Planetenproblems, wie sie in einer Arbeitsgemeinschaft und mit entsprechenden Kürzungen auch im Unterrichte durchgeführt werden könnte, nicht nur anzudeuten, sondern für sie die numerischen Unterlagen zu geben und die Rechnungen tatsächlich durchzuführen. Wir wollen diesmal aber nicht, wie seinerzeit vorgeschlagen [1], von den Rückläufen des Planeten ausgehen, da sich deren Dauer durch Beobachtung mit wesentlich geringerer Genauigkeit feststellen läßt als die übrigen Daten [2]. (Der Ephemeride freilich kann man sie ebenfalls auf Stunden genau entnehmen.) An ihrer Stelle gehen wir von der Dauer der Schleifenbildung aus; wir kommen so auch zu einer einfacheren Formel.

Der Planet erreicht bekanntlich im Laufe einiger Monate die Länge in der Ekliptik, die er zur Zeit der (während des Rücklaufs erfolgenden)

[1] Diese Zeitschrift **39**, 104 und 148 (1926); LIETZMANN und LÜBECK: Vom Ptolemäischen zum Koppernikanischen System. Zeitschr. f. mathemat. und naturwiss. Unterr. **54**, 65 (1923).

[2] PTOLEMAEUS wußte auch schon, daß die Sonne viel größer als die Erde ist, ohne daß dies für ihn ein Grund gewesen wäre, vom geozentrischen Weltsystem abzugehen. Man vergleiche damit unsere Anschauungen von der Größe des Wasserstoffatomkerns und des um ihn kreisenden Elektrons. — Die Fixsternparallaxen und die übrigen direkten Beweise für das heliozentrische System bespricht man gern erst später.

[1] Diese Zeitschrift **39**, 149.

[2] Hierauf weist schon PTOLEMAEUS hin (ALMAGEST, 9. Buch, 2. Kap.). Freilich gilt Ähnliches auch für Datum und Länge der Konjunktionen, die wir im folgenden nur S. 271 brauchen, und von denen wir anzunehmen haben, daß sie durch Interpolation aus den Beobachtungsdaten heliakischer Unter- und Aufgänge gefunden seien.

Konjunktion			Opposition			Beginn der Schleifenbildung		Ende der Schleifenbildung	
Datum	Länge	Breite	Datum	Länge	Breite				
1904 März 27,10h	6°36′	− 1° 5′	1904 Okt. 19, 0h	25°26′	− 1° 35′	− 118d 1h	+ 22′	113d 14h	+ 29′
1905 Mai 4, 6h	43°23′	− 0° 54′	1905 Nov. 24, 9h	61°41′	− 1° 0′	− 117d 23h	+ 5′	115d 0h	+ 26′
1906 Juni 10,16h	79° 5′	− 0° 23′	1906 Dez. 28,16h	96°15′	− 0° 6′	− 118d 4h	− 11′	117d 15h	+ 14′
1907 Juli 16, 7h	112°51′	+ 0° 15′	1908 Jan. 29,22h	128°50′	+ 0° 47′	− 118d 9h	− 23′	120d 12h	− 1′
1908 Aug. 17,20h	144°42′	+ 0° 47′	1909 Febr. 28,19h	159°48′	+ 1° 23′	− 118d 17h	− 27′	122d 18h	− 14′
1909 Sept. 18,14h	175°12′	+ 1° 4′	1910 März 31, 6h	189°51′	+ 1° 36′	− 118d 23h	− 24′	123d 19h	− 24′
1910 Okt. 19, 5h	205° 8′	+ 1° 4′	1911 Mai 1, 5h	219°52′	+ 1° 23′	− 119d 8h	− 15′	123d 9h	− 27′
1911 Nov. 18,16h	235°23′	+ 0° 46′	1912 Juni 1,10h	250°42′	+ 0° 47′	− 119d 7h	− 1′	121d 19h	− 23′
1912 Dez. 18,21h	266°46′	+ 0° 15′	1913 Juli 5,15h	283° 6′	− 0° 6′	− 119d 3h	+ 14′	119d 1h	− 11′
1914 Jan. 20,16h	299°56′	− 0° 23′	1914 Aug. 10,21h	317°29′	− 1° 0′	− 118d 18h	+ 26′	116d 2h	+ 5′
1915 Febr. 24,15h	335° 5′	− 0° 54′	1915 Sept. 17,12h	353°38′	− 1° 35′	− 118d 7h	+ 29′	113d 12h	+ 22′
1916 Apr. 1,14h	11°39′	− 1° 5′	1916 Okt. 24, 2h	30°27′	− 1° 32′	− 118d 0h	+ 26′	113d 17h	+ 29′

S bezeichne den Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Konjunktionen, σ das inzwischen zurückgelegte Bahnstück, $\mu = \frac{\sigma}{S}$ die mittlere Geschwindigkeit, endlich 2ϑ die Dauer der Schleifenbildung, also die Summe der absoluten Werte der beiden in der letzten Rubrik in einer Zeile stehenden Zeiten. Es ergibt sich:

	1904/05	1905/06	1906/07	1907/08	1908/09	1909/10	1910/11	1911/12	1912/14	1914/15	1915/16
$S =$	402d 20h	402d 10h	400d 15h	398d 13h	396d 18h	395d 15h	395d 11h	396d 15h	397d 19h	399d 23h	401d 23h
$\sigma =$	36°47′	35°42′	33°46′	31°51′	30°30′	29°56′	30°14′	31°24′	33°10′	35°9′	36°34′
$\mu =$	0,09131°	0,08872°	0,08429°	0,07992°	0,07688°	0,07566°	0,07644°	0,07925°	0,08338°	0,08789°	0,09073°
$2\vartheta =$	231d 15h	232d 23h	235d 19h	238d 21h	241d 11h	242d 18h	242d 17h	241d 2h	238d 4h	234d 20h	231d 19h

Opposition hat, noch zweimal in rechtläufiger Bewegung, einmal vorher (Beginn der Schleifenbildung) und einmal nachher (Ende der Schleifenbildung). Er kommt also dreimal zum selben Punkte am Himmel, genauer zu sich nur wenig in der Breite unterscheidenden Punkten. Die so entstehende Schleife könnte man auch die Irrfahrt des Planeten nennen, ihr verdankt er ja seinen Namen (Planet = umherirrender Stern).

Stellen wir uns nun vor, daß die in obenstehender Tabelle zusammengestellten (in der Tat, wie erwähnt, mit Hilfe der Connaissance des Temps errechneten) Daten aus einer Reihe von Jupiterbeobachtungen aus den Jahren 1904 bis 1917 gewonnen seien. Die Zeit ist Weltzeit, das ist bürgerliche westeuropäische Zeit, die Länge in der Ekliptik ist gezählt vom Frühlingspunkt des Jahresanfanges 1925. Der Platzersparnis halber ist unter „Beginn" und „Ende der Schleifenbildung" nur die Differenz „Datum minus Datum der nebenstehenden Opposition" und „Breite minus Breite dieser Opposition" verzeichnet; die Länge, die gleich der Oppositionslänge ist, wurde weggelassen. Die vollständigen Daten errechnet man hieraus leicht; z. B. begann die Schleifenbildung im Jahre 1904 am 22. Juni um 23h, die Länge war 25° 26′, die Breite −1° 13′.

Am 28. Februar 1904 und am 10. Februar 1916 hatte Jupiter die Länge 0°. Die zwischenliegenden Jupiterorte zeichnet man sich nun auf Millimeterpapier ein, und zwar im Maßstab 1° = 1 cm. Die Zeichnung wird dann 3,6 m lang, braucht aber nicht breiter zu sein als 1 bis 2 dm. Die Stillstände zeichnet man 5° westlich und östlich der Oppositionen ein (in Wirklichkeit schwankt dieser Wert zwischen 4° 54′ und 5° 4′), ihre Breite ist das Mittel zwischen der der Opposition und der des Beginns, bzw. Endes der Schleifenbildung. Verbindet man nun diese Punkte mit dem Lineal oder Kurvenlineal, so erhält man eine recht instruktive, für unsere Zwecke genügend genaue Darstellung eines Jupiterumlaufs; die Fig. 1, die drei etwas verkleinerte Ausschnitte bringt, zeigt, daß die Form der Bahnschleifen gut zu erkennen ist [1]. Für den, der auch einige Stern-

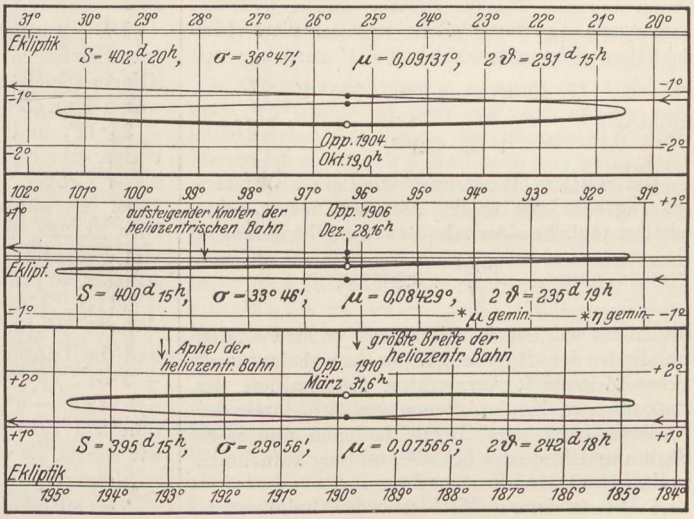


Fig. 1. Die Bahnschleife Jupiters zur Zeit der absolut größten negativen Breiten (oben), im aufsteigenden Knoten (Mitte) und zur Zeit der größten Breiten (unten).

[1] Die seinerzeit dieser Zeitschrift beigegebenen KOPPEschen Tafeln hatten den Nachteil, daß gerade die Bahnschleifen Jupiters des kleinen Maßstabs halber undeutlich waren. Meines

bilder einzeichnen will, sei erwähnt, daß man die Ekliptikkoordinaten der helleren Sterne des Tierkreises z. B. in HENSELINGs Astronomie für alle findet. Auch die in der Tabelle verzeichneten Werte von S, σ, μ und 2ϑ tragen wir hier ein, um sie bequem zur Hand zu haben. Bei der Besprechung heftet man die Zeichnung an die Vorderseite des Experimentiertisches.

Die siderische Umlaufszeit.

Diese Zeichnung zeigt nun, wie sich Jupiter in den 12 Jahren seines Umlaufes durchaus nicht gleichförmig bewegt hat; wohl aber schreiten die Orte der Oppositionen wenigstens annähernd gleichförmig vorwärts, und Jupiter führt um sie eine pendelnde Bewegung aus. Wir können die Oppositionen daher benutzen, um die siderische Umlaufszeit genauer zu bestimmen. Wir wollen sie mit U bezeichnen und rein empirisch, d. h. unabhängig von irgendwelchen Vorstellungen über den Bau des Planetensystems definieren als jene Zeit, die der Planet zu einem vollen Umlauf am Himmel brauchen würde, wenn er sich mit seiner mittleren Geschwindigkeit gleichförmig in der Ekliptik fortbewegte. Zwischen den Oppositionen der Jahre 1904 und 1916 sind, wie wir aus den Daten unserer Tabelle finden, genau $4388^d 2^h$ vergangen; in dieser Zeit legte Jupiter (die Schleifen nicht mitgezählt) $365^0\,1'$ zurück. Aus

$$U : 4388^d\,2^h = 360^0 : 365^0\,1'$$

ergibt sich [1]

$$U = 4328^d.$$

Die mittlere Winkelgeschwindigkeit Jupiters pro Tag oder, wie sie der Astronom nennt, seine mittlere tägliche siderische Bewegung ist demnach

$$\mu = \frac{360^0}{U} = 0{,}08318^0.$$

Wenn man nicht schon früher das siderische Sonnenjahr bestimmt hat, kann man diese beiden Oppositionen Jupiters auch hierzu benutzen: In den $4388^d 2^h$, die zwischen ihnen verflossen sind, hat die Sonne $12.360^0 + 5^0\,1' = 4325^0\,1'$ zurückgelegt und braucht daher zu 360^0 $J = 365^d 6^h$. Die mittlere tägliche Bewegung der Sonne (bzw. heliozentrisch: der Erde) ist demnach

$$\nu = \frac{360^0}{J} = 0{,}9856^0.$$

Die mittlere Länge.

Die mittlere Länge eines Planeten zu einer bestimmten Zeit können wir definieren als die Länge eines fingierten Planeten, der sich mit der mittleren Winkelgeschwindigkeit des wahren Planeten derart in der Ekliptik bewegt, daß die Differenz „Länge des wahren minus Länge des fingierten Planeten" im Mittel Null ist.

Ihre Bestimmung kommt wohl nicht für den Unterricht, eher für eine Arbeitsgemeinschaft in Betracht; der Vollständigkeit halber und weil sie ein einfaches Beispiel für eine Ausgleichsrechnung darstellt, sei sie hier durchgeführt. Wir gleichen natürlich nicht Beobachtungsfehler, sondern Unregelmäßigkeiten aus, die hauptsächlich von der Exzentrizität herrühren.

Die Ausgleichsrechnung wäre überflüssig, wenn zwischen den aufeinanderfolgenden Oppositionen gleiche Zeiträume und Bogen lägen: Diese wären dann $4388^d 2^h : 11 = 398^d 22^h$ und $365^0\,1' : 11 = 33^0\,11'$, und die Daten der einzelnen Oppositionen erhielte man durch fortlaufende Addition dieser Größen zu den Daten der Opposition von 1904. Sie wären: 1904 Okt. 19, 0^h, $25^0 26'$; 1905 Nov. 21, 22^h, $91^0 48'$, usw.; subtrahieren wir sie von den entsprechenden Daten der wahren Oppositionen, so erhalten wir die Zeitdifferenzen $0^d 0^h$, $+2^d 11^h$, $+2^d 20^h$, $+1^d 4^h$, $-1^d 21^h$, $-5^d 8^h$, $-8^d 7^h$, $-10^d 0^h$, $-9^d 17^h$, $-7^d 9^h$, $-3^d 16^h$ und die Längendifferenzen $0^0 0'$, $+3^0 4'$, $+4^0 27'$, $+3^0 51'$, $+1^0 38'$, $-1^0 30'$, $-4^0 40'$, $-7^0 1'$, $-7^0 48'$, $-6^0 36'$, $-3^0 38'$. Für die Opposition von 1916 sind die Differenzen wieder Null, wir zählen sie aber nicht mit, da sie nicht mehr zu unserem Umlauf gehört.

Das Mittel unserer Differenzen ist nun $-3^d 15^h$ und $-1^0 39'$; zählen wir diese Beträge zu den von uns unter der Voraussetzung gleichförmiger Bewegung erhaltenen Oppositionsdaten hinzu, so erhalten wir: 1904 Okt. 15, 9^h, $23^0 47'$; 1905 Nov. 18, 7^h, $56^0 58'$ usw., allgemein 1904 Okt. 15, $9^h + k \cdot 398^d 22^h$, $23^0 47' + k \cdot 33^0 11'$ ($k = 0,1,2,\ldots$).

Dies sind die Oppositionen des mittleren Jupiters mit der mittleren Sonne, da man Differenzen mit der Summe Null erhält, wenn man ihre Daten von denen der wahren Oppositionen subtrahiert.

Für die mittlere tägliche Bewegung Jupiters fanden wir $\mu = 0{,}08318^0$, seine mittlere Länge zur Zeit T ist demnach

$$23^0 47' + 0{,}08318^0 \cdot (T - 1904\ \text{Okt.}\ 15,\ 9^h)$$

oder bequemer

$$359^0 44' + 0{,}08318^0 \cdot (T - 1904\ \text{Jan.}\ 1,\ 0^h).$$

Erachtens würden sie voll ersetzt, wenn man den am Ende der Rubrik „Himmelserscheinungen" dieser Zeitschrift vermerkten Zeitpunkten der Oppositionen, Konjunktionen und Stillstände der Planeten Länge und Breite beifügen und noch Beginn und Ende der Schleifenbildung aufnehmen wollte.

[1] Die modernen Methoden der Bahnbestimmung ergeben den Wert $U = 4332{,}585^d$, unser Wert für U ist also um $^1/_{10}\,\%$ zu klein. Verursacht ist diese Ungenauigkeit dadurch, daß Jupiter die 5 den vollen Umlauf übersteigenden Grade in der Nähe seines Perihels, also außergewöhnlich rasch zurücklegt. Hätten wir an Stelle der unsere Beobachtungsreihe begrenzenden Oppositionen zufällig die Oppositionen 1906, Dez. 28, 16^h (Länge $96^0 15'$) und 1919, Jan. 2, 5^h (Länge $100^0 51'$) gewählt, so hätten wir $U = 4332^d$ erhalten. Nicht durch Zufall, sondern methodisch kommt man zu genaueren Werten für U durch Heranziehen größerer Zeiträume; vgl. PTOLEMAEUS, ALMAGEST, 9. Buch, 3. Kap., oder diese Zeitschrift **39**, 149. Wir wollen aber bei dem oben errechneten Wert für U bleiben, da wir auch die anderen Bahnelemente nicht genauer erhalten werden.

Die Klammer ist in Tagen auszudrücken, die Länge ist, wie in dem ganzen Aufsatz, vom Frühlingspunkt des Jahresanfangs 1925 an gezählt.

Da während der Opposition die Länge Jupiters gleich der heliozentrischen Länge der Erde ist, haben wir gleichzeitig auch die mittlere Länge letzterer bestimmt. Sie ist

$$23^0 47' + 0{,}9856^0 . (T - 1904 \text{ Okt. } 15,\ 9^h).$$

Die drei Weltsysteme[1].

Während seines Rücklaufs ist Jupiter stets heller als während der rechtläufigen Bewegung; wir haben dies auf unserer Zeichnung (vgl. die Ausschnitte Fig. 1) durch stärkeres Ausziehen angedeutet. Betrachten wir nun die Bahnschleifen, die durch das Pendeln des Jupiter um seine Oppositionen entstehen, so erinnern sie uns an den Saturnring und sein verschiedenes Aussehen je nach seiner Stellung zur Erde: Wir erkennen in ihnen einen Kreis, der durch Projektion aufs Himmelsgewölbe, außerdem aber auch durch Bewegung verzerrt ist. Am besten verdeutlicht man dies, wenn man die an die Vorderseite des Experimentiertisches geheftete Zeichnung mit einem entsprechend im Kreise schwingenden Pendel in der Hand abschreitet.

Dieser Kreis heißt Epizykel (P_0P in Fig. 2); auf seiner Peripherie bewegt sich der Planet P, der Mittelpunkt D des Epizykels aber beschreibt selbst am Himmel einen großen Kreis (den Deferenten) um die Erde, und zwar mit der eben errechneten siderischen Umlaufszeit $U = 4328^d$.

Wir wollen uns fürs erste mit einer Genauigkeit begnügen, bei der wir die Breiten vernachlässigen, also annehmen können, daß diese beiden Kreise in der Ekliptik liegen. Ebenso nehmen wir an, daß die Bewegung in beiden Kreisen gleichförmig sei. Nach diesen vereinfachenden Voraussetzungen — wie weit sie zutreffen, werden wir später sehen — ergibt sich also, daß die Bahn des Planeten relativ zur Erde in erster Annäherung eine Epizykloide ist.

Daraus, daß die Opposition stets ungefähr in die Mitte des Rücklaufs, die Konjunktion etwa in die Mitte des rechtläufig zurückgelegten Bahnstücks fällt, folgern wir, die Sonnenbewegung ebenfalls gleichförmig voraussetzend, daß (Fig. 2) der Radius $r = DP$ des kleineren Kreises stets parallel zur Richtung Erde-Sonne sein muß[2]. Die Umlaufszeit des Planeten im kleineren Kreise ist daher gleich dem siderischen Sonnenjahr $J = 365^d 6^h$.

Diese Darstellung der Planetenbewegung wird meist mit dem Namen Ptolemaeus verknüpft, ist aber ein halbes Jahrtausend älter als er. Sie steht keineswegs damit in Widerspruch, daß die Planeten um die Sonne kreisen, ja der letztere Satz läßt sich aus ihr entwickeln. Vertauschen wir nämlich unsere beiden Kreise, indem wir (Fig. 2, gestrichelt) S zum Mittelpunkt des großen Kreises machen und ihn auf dem kleinen Kreis, der nun nach S_0S kommt, mit der Umlaufszeit J um die Erde E kreisen, den Planeten P aber mit der Umlaufszeit U am großen Kreise sich bewegen lassen, so bleibt $EDPS$ stets ein Parallelogramm, und wir kommen über ES und SP zum selben Planetenort wie früher über ED und DP. Die Sonne befindet sich nun stets in einem Punkte der Strecke $ES = r$ oder deren Verlängerung über S hinaus; machen wir noch die (durch direkte Entfernungsbestimmungen bestätigte) Annahme

$$r = \text{Entfernung Erde-Sonne},$$

so kommt die Sonne genau nach S, und der kleine Kreis wird zur Bahn der Sonne, um die sich der Planet auf dem großen Kreise bewegt. Diese Darstellung erklärt das Vorkommen des Sonnenjahres J unter den Bestimmungsstücken der Epizykloide; sie heißt die Tycho Brahesche und geht in die Koppernikanische über, wenn man die Bewegungen statt auf die Erde auf die Sonne bezieht (Fig. 2, punktiert). Solange man nicht von Kräften spricht, ist die Wahl des Bezugssystems bekanntlich nicht durch die Forderung nach der Gültigkeit des Trägheitsprinzips beschränkt, und unsere drei Bahndarstellungen sind gleichberechtigt.

Sehr wichtig ist, daß bei der Vertauschung der Kreise, durch die man vom Ptolemäischen zum Tychonischen Weltsystem kommt, der Epizykel auch in Wirklichkeit, nicht nur unter unseren vereinfachenden Annahmen, zur Sonnenbahn wird. Hierzu ist nötig, daß seine Ebene (der man, wenn man die Breiten nicht vernachlässigt, eine Neigung gegen den Deferenten zuschreiben muß) stets parallel zur Ekliptik bleibt, und dies werden wir unten nachweisen. Ferner bewegt sich die Sonne nicht ganz gleichförmig, sondern im Winter etwas schneller als im Sommer, und die Bewegung im Epizykel zeigt in der Tat genau das gleiche Tempo. Im Jahre 1904 z. B. braucht Jupiter für den ersten Teil der Schleife bis zur Opposition, der im Sommer zurückgelegt wird, um 4d 11h mehr Zeit als für den zweiten Teil, der im Winter durchlaufen wird; ebenso fallen die Oppositionen auch nicht in die Mitte zwischen die ihnen benachbarten Konjunktionen. Beide Tatsachen bewies erst KOPPERNIKUS; PTOLEMAEUS glaubte das Gegenteil gefunden zu haben. Er legte seinen Bahnbestimmungen nämlich nicht wie wir die Oppositionen des Planeten mit der wahren, sondern die mit der mittleren Sonne zugrunde und fand infolgedessen die Bewegung im Epizykel gleichförmig. Da ihm die ungleichförmige Bewegung der Sonne bekannt war, konnte er hierin ebenso ein Argument gegen die heliozentrische Auffassung sehen wie darin, daß ihm die Epizykelebenen gegen die Ekliptik geneigt schienen.

In allen drei Weltsystemen haben die Planeten Bahnelemente mit gleichen numerischen Werten, nur ihre Bedeutung ist verschieden. $U = 4328^d$ ist z. B. bei Ptolemaeus die Umlaufszeit des Epizykelmittelpunktes am Deferenten, bei Tycho und Koppernikus die Umlaufszeit des Planeten

[1] Vgl. die eingangs zitierten Aufsätze; es sei gestattet, des Zusammenhangs halber einiges aus ihnen hier zu wiederholen.

[2] PTOLEMAEUS, ALMAGEST, 10. Buch, 6. Kap.

um die Sonne. Bezeichnen wir den Radius unseres großen Kreises mit R, so ist der Quotient $a = \frac{R}{r}$ bei Ptolemaeus der Quotient von Deferenten und Epizykelradius, bei diesen die Entfernung des Planeten von der Sonne, gemessen in Erdweiten r; alle drei benötigen für ihre Darstellung der Planetenbewegung nicht die absoluten Werte von R und r, sondern nur deren Quotienten.

Die mittlere Entfernung.

Diesen Quotienten $\frac{R}{r}$ wollen wir nun mittels einer für alle drei Weltsysteme gültigen Formel bestimmen und hierzu außer den Umlaufszeiten U und J, bzw. den aus ihnen berechneten mittleren Geschwindigkeiten μ und ν noch die Zeit ϑ benutzen, die zwischen Opposition und Ende der Schleifenbildung vergeht. Zur Ableitung benutzen wir wieder die Fig. 2, in der E, S_0, P_0

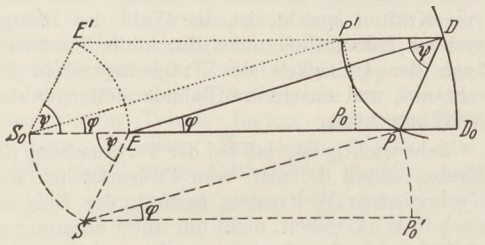


Fig. 2.

und D_0 Erde, Sonne, Planet und Epizykelmittelpunkt zur Zeit einer Opposition bedeuten, S, P und D dieselben Punkte ϑ Tage später am Ende der Schleifenbildung, wenn der Planet dieselbe geozentrische Länge hat wie zur Oppositionszeit. In diesen ϑ Tagen wurde im kleinen Kreis der

$$\text{Winkel } \psi = \frac{360^0}{J}\vartheta = \nu\,\vartheta,$$

im großen Kreis der Winkel $\varphi = \frac{360^0}{U}\vartheta = \mu\,\vartheta$ zurückgelegt.

Nach der Ptolemäischen Auffassung bilden Erde, Planet und Epizykelmittelpunkt ϑ Tage nach der Opposition das in der Abbildung ausgezogene Dreieck EPD, und wir finden diese Winkel als $\sphericalangle P'DP = \psi$ und $\sphericalangle D_0ED = \varphi$; $\sphericalangle EPD$ ist also $180^0 - \psi$.

Nach der Tychonischen Auffassung bilden Erde, Sonne und Planet zu dieser Zeit das Dreieck ESP (in der Figur gestrichelt); hier ist

$$\sphericalangle S_0ES = \psi, \quad \sphericalangle P_0'SP = \varphi,$$
$$\text{also } \sphericalangle SEP = 180^0 - \psi \text{ und } \sphericalangle SPE = \varphi.$$

Nach Kopernikus endlich (in der Figur punktiert) bleibt die Sonne in S_0; ϑ Tage nach der Opposition hat die Erde den Winkel $\sphericalangle ES_0E' = \psi$ zurückgelegt und kam nach E', der Planet ist um $\sphericalangle P_0S_0P'$ vorgerückt und kam nach P'; im Dreieck $P'E'S_0$ ist $\sphericalangle S_0E'P' = 180^0 - \psi$, $\sphericalangle E'P'S_0 = \psi$.

Die 3 Dreiecke, die bei den drei Darstellungen des Planetenortes von R, r und der Entfernung Erde-Planet gebildet werden, sind offenbar kongruent; für jedes derselben lautet der Sinussatz

$$\frac{R}{r} = \frac{\sin(180 - \psi)}{\sin\psi}, \text{ also } \frac{R}{r} = \frac{\sin\nu\,\vartheta}{\sin\mu\,\vartheta}$$

und liefert uns dieselbe Formel zur Bestimmung dieses von uns gesuchten Quotienten.

$\mu = 0{,}08318^0$ und $\nu = 0{,}9856^0$ haben wir schon S. 272 bestimmt und müssen uns nun noch nach einem Wert für ϑ umsehen. Da das Stück der Epizykloide vor der Opposition dem nach der Opposition symmetrisch ist, muß auch die Zeit vom Beginn der Schleifenbildung bis zur Opposition gleich der von der Opposition bis zum Ende der Schleifenbildung sein. Die Tabelle S. 271 zeigt, daß diese Zeiten in Wirklichkeit etwa ebenso stark differieren wie die Zeiten, die zwischen aufeinanderfolgenden Oppositionen vergehen. Bei der Bestimmung der mittleren Länge Jupiters rechneten wir mit einem Mittelwert dieser Zeiten, wie man ja überhaupt durch Bildung von Mittelwerten Unregelmäßigkeiten sekundärer Natur ausschaltet; man denke an die Ausschaltung des täglichen Temperaturgangs eines Ortes bei der Darstellung des jährlichen.

Bilden wir nun für unseren Jupiterumlauf das Mittel der in der Tabelle S. 271 vermerkten Zeiten zwischen Beginn der Schleifenbildung und Opposition, so erhalten wir 118^d13^h; das Mittel der Zeiten zwischen der Opposition und dem Ende der Schleifenbildung ergibt sich nahe gleich $118^d\,20^h$; hierbei wurden die Werte der Bahnschleife 1916/17 als nicht mehr zu unserem Umlauf gehörig wieder nicht mitgezählt. Für unsere Rechnung nehmen wir nun das Mittel der beiden erhaltenen Werte $\vartheta = 118^d16^1/_2{}^h$; es ergibt sich

$$\frac{R}{r} = \frac{\sin 116^0\,59'}{\sin\ 9^0\,52'} = 5{,}20;$$

der Astronom nennt diese Größe die mittlere Entfernung Jupiters, gemessen in Erdweiten.

Das 3. Keplersche Gesetz.

Die von uns gefundenen Zahlen ergaben

$$\left(\frac{R}{r}\right)^3 = 140{,}6 \qquad \left(\frac{U}{J}\right)^2 = 11{,}85^2 = 140{,}4$$

Es ist demnach $\left(\frac{R}{r}\right)^3 = \left(\frac{U}{J}\right)^2$.

In der Tychonisch-Kopernikanischen Anschauungsweise stellt diese Relation das 3. Keplersche Gesetz dar, aus dem sich gleich an dieser Stelle das Gravitationsgesetz ableiten läßt.

Die Exzentrizität und das Perihel.

Wir haben nun die Bahn Jupiters unter gewissen Vernachlässigungen, „in erster Annäherung", geozentrisch als Epizykloide, heliozentrisch als Kreis mit dem Mittelpunkt in der Sonne, dargestellt und seine „Kreisbahnelemente" ermittelt. Zugleich sahen wir aber, daß die tatsächliche Jupiterbewegung so nur ungenau dargestellt wird: Die Verschiedenheit der Zeiten zwischen den

einzelnen Oppositionen z. B. bleibt hierbei ganz unberücksichtigt.

Wir wollen nun die Jupiterbahn genauer darzustellen versuchen, gehen hierzu aber nicht von den Zeiten zwischen den Oppositionen, sondern von den Zeiten zwischen aufeinanderfolgenden Konjunktionen aus, die einen ähnlichen Gang zeigen. Wir bezeichnen sie mit S, die inzwischen zurückgelegten Bogen mit σ und nennen so ein Bahnstück einen synodischen Umlauf. Die mittlere Geschwindigkeit Jupiters während eines solchen ist $\mu = \frac{\sigma}{S}$.

Diese Daten sowie die Dauer 2ϑ der Schleifenbildung entnehmen wir unserer Zeichnung der Jupiterbahn, auf die wir sie aus der Tabelle S. 271, wo sie vermerkt sind, eingetragen haben.

Wir sehen nun, daß S, σ und μ während des synodischen Umlaufs 1904/05, der zum größten Teil im Tierkreiszeichen des Widders, also im Sternbild der Fische stattfand, ihr Maximum erreichen und 2ϑ sein Minimum.

Nehmen wir für den Augenblick an, daß Jupiter diese maximale mittlere Geschwindigkeit — wir wollen sie μ_1 nennen — während seines ganzen Umlaufs beibehält. Seine siderische Umlaufszeit wäre dann $U_1 = \frac{360^0}{\mu_1} = 3942^d$. Setzen wir ferner wieder seine geozentrische Bahn als Epizykloide voraus, nehmen also an, daß die Bewegung auch im kleinen Kreis gleichförmig ist, so folgt aus dem gleichen Grunde wie oben, daß in diesem Kreis die Umlaufszeit wieder das siderische Sonnenjahr J, die Winkelgeschwindigkeit also $\nu = 0{,}9856^0$ ist. Dies führt zur weiteren Annahme, daß der kleine Kreis während des ganzen siderischen Jupiterumlaufs derselbe bleibt, also sein Radius r den uns unbekannt gebliebenen Wert beibehält, den er zuvor hatte. Für die Tychonische oder Koppernikanische Anschauung bildet diese Annahme natürlich die Voraussetzung. Unsere Formel ergibt nun, wenn wir für ϑ den Wert $\frac{1}{2} \cdot 231^d 15^h = 115{,}8^d$ einsetzen,

$$\frac{R_1}{r} = \frac{\sin 114^0 8'}{\sin 10^0 34\frac{1}{2}'} = 4{,}97$$

als Quotient der Radien R_1 und r der Kreise dieser Epizykloide.

Für den ganzen siderischen Jupiterumlauf treffen unsere Annahmen natürlich nicht zu, wohl aber machen wir keinen allzugroßen Fehler[1], wenn wir sie für den synodischen Umlauf 1904/05 gelten lassen. Das μ des folgenden synodischen Umlaufes unterscheidet sich nur wenig von μ_1 und gibt uns so Grund zur Annahme, daß die Winkelgeschwindigkeit ziemlich gleichförmig und nahe μ_1 ist. Nicht so gleichförmig freilich ist die Winkelgeschwindigkeit im kleineren Kreise[1]. Wir suchten diese bei allen synodischen Umläufen ähnlich wiederkehrende Unregelmäßigkeit dadurch zu eliminieren, daß wir, statt für ϑ einen der Werte $118^d 1^h$ oder $113^d 14^h$ zu nehmen, mit dem Mittel dieser Zahlen rechneten.

Wir haben so den Quotienten der Kreisradien jener Epizykloide bestimmt, die sich während des synodischen Umlaufs 1904/05 an die tatsächliche geozentrische Jupiterbahn am besten anschmiegt und die wir die oskulierende Epizykloide nennen wollen.

Berechnen wir nun diesen Quotienten unter den gleichen Annahmen für den synodischen Umlauf 1909/10, der vom eben betrachteten etwa den Abstand 180^0 hatte und größtenteils im Tierkreiszeichen der Waage, also im Sternbild der Jungfrau lag. Hier erreicht μ seinen kleinsten Wert, den wir μ_2 nennen wollen, 2ϑ aber sein Maximum.

Behielte Jupiter während eines ganzen siderischen Umlaufs die mittlere Geschwindigkeit μ_2 bei, so wäre seine siderische Umlaufszeit $U_2 = 4759^d$. Für die hier oskulierende Epizykloide erhalten wir, wenn wir für ϑ wieder

$$\frac{1}{2} \cdot 142^d 18^h = 121{,}4^d \text{ setzen,}$$

$$\frac{R_2}{r} = \frac{\sin 119^0 39'}{\sin 9^0 11'} = 5{,}45.$$

Wir fanden also: Der schnelleren Bewegung Jupiters im Sternbild der Fische entspricht auch die kürzere Entfernung; dort liegt der sonnennächste Punkt der heliozentrischen Jupiterbahn, das Jupiterperihel (bzw. nach Ptolemaeus der erdnächste Punkt des Jupiterdeferenten). Das Aphel liegt 180^0 entfernt im Sternbild der Jungfrau. Das Mittel der Entfernungen ist

$$\frac{1}{2}(4{,}97 + 5{,}45) = 5{,}21.$$

(S. 274 fanden wir als mittlere Entfernung genauer 5,20), die Exzentrizität

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \frac{5{,}45 - 4{,}97}{5{,}21} = 0{,}05.$$

Nun liegt die Annahme nahe, daß die heliozentrische Jupiterbahn (bzw. nach Ptolemaeus der Jupiterdeferent) ein exzentrischer Kreis oder eine Ellipse seien. Um zwischen diesen beiden Möglichkeiten entscheiden zu können, müßte man die Entfernung des 90^0 vom Perihel entfernten Bahnpunktes auf mindestens $\frac{1}{10}\%$ genau bestimmen können: Ist sie nämlich das $1 - \varepsilon^2 = 0{,}9985$fache der mittleren Entfernung, so ist die Bahn eine Ellipse; ist sie das $\sqrt{1-\varepsilon^2} = 0{,}9993$fache, so ist die Bahn ein exzentrischer Kreis. Dieser Unterschied liegt unterhalb der Genauigkeit unserer Methode, so daß diese uns keine Entscheidung in der vorliegenden Frage geben kann. Man ersieht, wie genau die Ptolemäische Darstellung der Planetenbewegung mit Hilfe der exzentrischen Kreise war. Man verzichte aber keines-

[1] Der Fehler ist um so kleiner, je kleiner $\frac{S}{U}$ ist, beim Saturn also kleiner als beim Jupiter. Beim Mars ist dieser Quotient größer als 1, so daß man obige Annahme nicht mehr machen und daher seine Exzentrizität nach unserer Methode nicht bestimmen kann. In unserem Fall ist μ im Perihel in Wirklichkeit 0,09175, also etwas größer als unser μ_1, und mit diesem Wert erhielten wir richtiger $\frac{R_1}{r} = 4{,}95$.

[1] Vgl. S. 274.

wegs auf den induktiven Nachweis des 1. Keplerschen Gesetzes, sondern führe ihn durch Konstruktion der heliozentrischen Merkurbahn mit Hilfe der sie einhüllenden Sehstrahlen Erde-Merkur zur Zeit der größten Merkurelongationen, wie es LIETZMANN und LÜBECK am Schluß ihres eingangs zitierten Aufsatzes angaben.

Das 2. Keplersche Gesetz.

Die lineare Geschwindigkeit Jupiters in seiner Bahn um die Sonne ist während des synodischen Umlaufs 1904/05, der in der Nähe der Perihels stattfand, $v_1 = \frac{2\pi R_1}{360}\mu_1$; im Aphel ist sie $v_2 = \frac{2\pi R_2}{360}\mu_2$, und nun ist $\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1\mu_1}{R_2\mu_2} = 1{,}10 = \frac{R_2}{R_1}$.

Damit ist das 2. Keplersche Gesetz — wenigstens für Perihel und Aphel — nachgewiesen. Den Nachweis für die übrigen Bahnpunkte können wir uns, dem Keplerschen Beispiel folgend, wohl ersparen.

Neigung und Knoten.

Schließlich wollen wir die Breiten Jupiters betrachten. Die absolut größten negativen Werte nehmen sie während des synodischen Umlaufs 1904/05 an; 90° weiter, im Tierkreiszeichen des Krebses, das ist im Sternbild der Zwillinge, schneidet die Jupiterbahn die Ekliptik, und die Breiten werden positiv. Hier befindet sich der aufsteigende Knoten der Bahn. Nach weiteren 90°, während des synodischen Umlaufs 1909/10, erreicht Jupiter seine größten Breiten im Sternbild der Jungfrau, und etwa 180° vom aufsteigenden Knoten entfernt werden die Breiten wieder negativ, in dieser Himmelsgegend befindet sich sein absteigender Knoten.

Nach heliozentrischer Auffassung kommt dies dadurch zustande, daß die heliozentrische Jupiterbahn mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel

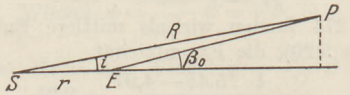


Fig. 3.

einschließt, der die Neigung i heißt. Ihre Bestimmung gelingt aus der größten Oppositionsbreite $\beta_0 = 1°36'$, die am 31. März 1910 erreicht wurde; nach Fig. 3 ist $\sphericalangle SPE = \beta_0 - i$, also

$$\frac{r}{R} = \frac{\sin(\beta_0 - i)}{\sin(180° - \beta_0)} \text{ und hieraus } i = 1°18'.$$

Komplizierter ist die Untersuchung der Breiten nach der Ptolemäischen Auffassung, sie ist aber deshalb von Interesse, da auch sie zum heliozentrischen Weltsystem führt [1]. Wir gehen da von unserer größten Oppositionsbreite $\beta_0 = 1°36'$ aus und nehmen die Breite der folgenden Konjunktion $\beta_1 = 1°4'$ hinzu. Der Einfachheit halber nehmen wir an, daß der Epizykelmittelpunkt am Deferenten während dieser Zeit stillgestanden habe; in der Tat ist er um 15°17′ vorgerückt. Es handelt sich nun um die Bestimmung des Winkels i zwischen der Ebene der Sonnenbahn EE' und der Ebene des Deferenten ED, und des Winkels δ zwischen dieser Ebene und der des Epizykels P_0P_1.

Wir nehmen an, daß alle 3 Ebenen normal zur Zeichenebene der Fig. 4 seien; E ist die Erde, D der Epizykelmittelpunkt, P_1 Jupiter zur Zeit der Konjunktion, P_0 zur Opposition. Nun sind die Dreiecksflächen

$$\triangle EP_0P_1 = \tfrac{1}{2}\cdot\overline{EP_0}\cdot\overline{EP_1}\cdot\sin(\beta_0 - \beta_1)$$

und

$$\triangle EDP_0 = \tfrac{1}{2}\cdot R\cdot\overline{EP_0}\cdot\sin(\beta_0 - i).$$

Der Kleinheit von i, β_0, β_1 und δ halber kann man die Winkel proportional ihrem Sinus setzen und

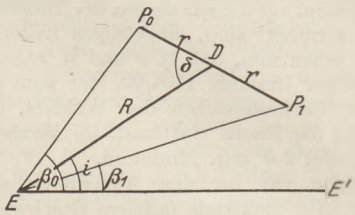


Fig. 4.

$\overline{EP_0} = R - r$, $\overline{EP_1} = R + r$ annehmen. So erhalten wir wegen $\triangle EP_0P_1 = 2\cdot\triangle EDP_0$

$$\tfrac{1}{2}(R - r)(R + r)(\beta_0 - \beta_1) = R(R - r)(\beta_0 - i)$$

und hieraus

$$i = \beta_0 - \frac{1}{2}\cdot\frac{R + r}{R}(\beta_0 - \beta_1) = 1°19'\,[1].$$

Ferner, ist $\triangle EDP_0 = \tfrac{1}{2} R r \sin\delta$, also auch

$$\tfrac{1}{2}(R - r)(R + r)(\beta_0 - \beta_1) = R r\cdot\delta$$

und

$$\delta = \frac{R^2 - r^2}{2Rr}(\beta_0 - \beta_1) = 1°\,20'.$$

Es ist also $i = \delta$. Zum gleichen Resultat kommen wir, wenn wir die Rechnung mit den Breiten der Konjunktion und Opposition des Jahres 1904 wiederholen, die die absolut größten negativen Werte aufweisen. Dies führt uns zum Resultat: Die Ebenen der Epizykeln sind zur Ebene der Sonnenbahn parallel. Ptolemaeus kam zu einem gegenteiligen Ergebnis. Er beobachtete [1] ungenau $\beta_0 = 2°$, $\beta_1 = 1°$, fand infolgedessen $i = 1°24'$, $\delta = 2\tfrac{1}{2}°$ und konnte hierin wohl einen Beweis gegen die ihm wohlbekannte heliozentrische Auffassung Aristarchs sehen [2].

Zusammenstellung der errechneten Bahnelemente.

Die nach den modernen Methoden errechneten exakten Werte sind in Klammern beigefügt. Die

[1] Vgl. S. 273.

[1] Almagest, Buch 13, Kap. 3.

[2] Almagest, Buch 13, Schlußbemerkung zu Kap. 2 und Buch 1, Kap. 8, Anfang; aus diesen Stellen scheint mir hervorzugehen, daß Ptolemaeus den gegen das heliozentrische System sprechenden astronomischen Tatsachen (vgl. auch S. 273), die er gefunden zu haben glaubte, mehr Gewicht beilegte als den in Buch 1, Kap. 7 ausgeführten physikalischen Einwänden, die ihn so in Mißkredit brachten.

Zeit ist Weltzeit, die Längen in der Ekliptik sind vom Frühlingspunkt des Jahresanfangs 1925 an gezählt (jährliche Präzession 50′26″).

Aufsteigender Knoten der Bahn: Im Tierkreiszeichen des Krebses, das ist im Sternbild der Zwillinge (Länge: 99°41′26″).

Neigung: $i = 1°18'$ ($i = 1°18'26''$).

Perihel: Im Tierkreiszeichen des Widders, das ist im Sternbild der Fische (Länge: 13°6′51″).

Exzentrizität: $\varepsilon = 0{,}05$ ($\varepsilon = 0{,}048379$).

Mittlere Entfernung: $\frac{R}{r} = a = 5{,}20$ ($a = 5{,}202803$).

Siderische Umlaufszeit: $U = 4328^d$ ($U = 4332{,}5848^d$).

Mittlere Länge: $359°44' + \mu$ (T — 1904 Jan. 1, 0^h), $\mu = 0{,}08318°$ ($359°45'12'' + \mu$ (T — 1904 Jan. 1, 0^h) oder $227°8'46'' + \mu$ (T — 1925 Jan. 1, 0^h), $\mu = 0{,}083\,091\,217°$.

Opposition des mittleren Jupiter mit der mittleren Sonne: 1904 Okt. 15, $9^h + k \cdot S$, $23°47' + k\sigma$, $k = 1, 2, 3\ldots$, $S = 398°22^h$, $\sigma = 33°11'$ (1904 Okt. 15,8^h $0^m + k\,S$, $23°43'32'' + k\,\sigma$, $k = 1, 2, 3\ldots$, $S = 398^d 21^h 13^m 6^s$, $\sigma = 33°8'38''$).

Die Kartei in der physikalischen Sammlung. Von K. HAUSCHULZ in Potsdam.

Um den Gebrauch der Sammlung für den physikalischen Unterricht zu erleichtern und die Ordnung darin möglichst zwangsläufig zu machen, empfiehlt sich das Anlegen von Karteien. In der Wirtschaft und in der allgemeinen Verwaltung hat sich dieses Hilfsmittel wegen seiner großen Vorzüge längst durchgesetzt. Im folgenden berichte ich über meine Versuche, das Karteisystem für den Physikunterricht in der Schule nutzbar zu machen, und im Anschluß daran bespreche ich noch einige Einrichtungen, die in Verbindung mit der Kartei das Ziel verfolgen, die physikalische Sammlung handlicher zu gestalten.

1. Sammlungskartei.

Sie soll in erster Linie den Physiklehrer schnell über jeden Apparat unterrichten und dadurch dem Sammlungsleiter die Arbeit abnehmen, neu eintretende Kollegen, insbesondere Vertreter, in den Gebrauch der Apparate einzuführen. Dazu gehört, daß jeder Apparat mit einer Nummer — von mir mit weißem Emaillelack ausgeführt — versehen ist, die neben dem Namen auch auf der Karte vermerkt ist. Die Karten sind nach den Nummern geordnet; für je 100 Karten ist eine Leitkarte vorhanden, die das Suchen erleichtert. So ist mit ein paar Handgriffen die Karte gefunden, die nun alles Wesentliche über den Apparat enthält.

Als Format habe ich 15 × 10 cm gewählt, eine mittlere Kartonstärke und gelbe Farbe, da Weiß zu schnell unansehnlich wird und leicht mit anderen Blättern verwechselt werden kann. Zur Unterbringung von 1000 Karten, von denen etwa 700 bis 800 bisher genügten, dient eine Soennecken-Schatulle, die etwa 30 Mark kostet. Die Ausrüstung der Schatulle mit einer Schließstange erscheint mir überflüssig, da ein Transport der Schatulle kaum in Frage kommt und der kreisförmige Ausschnitt in der Karte nützlichen Platz fortnimmt. Ein Schloß ist dagegen zu empfehlen.

Name des Apparates:			Zeichen:	
Firma	Datum	Preis	Schrank	Brett von unten
Zubehör:				
Ausgebessert im Jahre durch:				
Gebrauchsanweisung:				

Fig. 1.

Der Vordruck der Karte trägt oben einen Raum für den Namen des Apparates, daneben einen Buchstaben, der das betreffende Gebiet der Physik angibt, also z. B. E für Elektrizität, und rechts in der Ecke die Nummer. Darunter finden Platz die liefernde Firma, das Datum, der Preis, die Schranknummer und das Brett, auf dem der Apparat untergebracht ist (Fig. 1).

Sehr wichtig ist die Angabe der Zubehörteile, ein Vordruck für Instandsetzungen und Änderungen, für eine Gebrauchsanweisung oder für Literaturangaben. Hier wird entweder auf den Katalog der Firma oder auf eine der gebräuchlichen Versuchsanleitungen oder Veröffentlichungen in der POSKEschen Zeitschrift usw. hingewiesen. Diese Angaben sind besonders wichtig, wenn durch Todesfälle oder Versetzungen die mündliche Tradition abreißt und die junge Physikergeneration vor Apparaten steht, deren Zusammengehörigkeit und Gebrauch ihr unbekannt ist. Ich bin nach dem Kriege in dieser Lage gewesen und habe sehr viel Zeit mit Nachsuchen in alten Katalogen und verstaubten Akten aufwenden müssen, um über alles Klarheit zu gewinnen.

Die Angabe einer besonderen Gebrauchsanweisung wird sich natürlich in sehr vielen Fällen erübrigen. Manchmal wird ein kurzer Hinweis auf Besonderheiten, Neigung zum Versagen, Gefahrenmomente usw. am Platze sein. Im Notfall steht für ausführlichere Angaben die Rückseite zur Verfügung.

Sehr wesentlich ist das Prinzip, nach dem die Numerierung der Apparate erfolgt. Die chronologische Numerierung habe ich von vornherein ausgeschieden, da dann in einem Schrank Apparate der verschiedensten Nummern aufbewahrt werden müßten. Ich habe die Numerierung so ausgeführt, daß sie zugleich ein Wegweiser für die Unterbringung des Apparats ist, indem ich für einen doppeltürigen Schrank je 100 Nummern vorgesehen habe. Diese werden auf die vorhandenen 5 Bretter so verteilt, daß auf dem obersten Brett die Apparate 1 bis 19, auf dem zweiten 20 bis 39 usw. stehen. Apparat Nr. 530 steht also im 5. Schrank auf dem 2. Brett. In der von der Hauptsammlung getrennten Sammlung der Übungsgeräte ist jeder Schrank mit einem Buchstaben bezeichnet. Die auf ihn folgende zweistellige Zahl gibt den Platz im Schrank an, also z. B. H 48. Natürlich stehen nicht auf jedem Brett 20 Apparate, sondern in der Regel weniger. Eine Anzahl von Nummern fällt dann eben im Schrank und ebenso in der Kartei fort. Stehen umgekehrt einmal mehr als 20 Apparate auf einem Brett, oder wird ein neuer Apparat eingeschoben, so erhält er eine Zusatznummer, z. B. 530 a.

Um den Platz des Apparates auch im Schrank zu bezeichnen, sind an der Vorderkante jedes Brettes Kartonstreifen mit den betreffenden Nummern angebracht. Das Anbringen solcher Täfelchen auf dem Brett selber, wie ich es im Anfang versucht habe, hat sich nicht bewährt, da sie beim Herausholen und Einstellen der Apparate häufig zerrissen wurden. Um jedem Apparat seinen genauen Platz anzuweisen, habe ich statt dessen auf das Unterstellbrett Leisten vom Querschnitt 1×1 cm aufgenagelt, so daß hierdurch gewissermaßen das Brett in Felder eingeteilt wird. Der Schüler, der einen Apparat fortstellen soll, braucht so nur das leere Feld aufzusuchen und die davorstehende Nummer mit der des Apparates zu vergleichen, um den richtigen Platz zu finden. Ein Apparat mit größerer Grundfläche hat in einem solchen Feld infolge der hochstehenden Leisten überhaupt nicht Platz, ein zu kleiner läßt in dem gewissermaßen eingezäunten Raum zu viel Platz frei und fällt dadurch sofort auf. Seitdem ich mit Hilfe einiger Schüler diese Zwangsläufigkeit eingeführt habe, ist es kaum noch vorgekommen, daß ein Apparat an die falsche Stelle gesetzt wurde. Die Durchführung der mit weißem Emaillelack ausgeführten Numerierung war allerdings, ebenso wie die Einrichtung der Kartei, ein saures Stück Arbeit, die sich annähernd über ein Jahr hinzog und viele freie Nachmittage kostete.

2. Die Versuchskartei.

Nachdem die Arbeiten an der Sammlungskartei durchgeführt waren, tauchte bei mir der Wunsch auf, den Vorteil, der sich aus der Numerierung der Apparate ergab, zur Erleichterung der Vorbereitung von Versuchen zu benutzen, und zwar in dem Sinne, daß für Versuche, die nicht mit einem einzigen Apparat auszuführen sind — und das ist ja die Mehrzahl — eine Karte angelegt wurde, auf der die benötigten Apparate nebst ihren Nummern aufgeführt sein sollten. In Verbindung damit beabsichtigte ich, die für meinen eigenen Gebrauch bisher geführten Vorbereitungszettel der Allgemeinheit zugänglich zu machen. Auf der Suche nach einem für diese Zwecke geeigneten Muster wandte ich mich an Herrn Kollegen GASS in Kassel, der mir die Kopie einer seiner Versuchskarten freundlicherweise überließ. Während Herr GASS in dem Bestreben, sich möglichst freie Hand zu lassen, auf jeden Vordruck verzichtete, schien mir ein gewisses Schema im Interesse der Übersicht und als Gedächtnisstütze beim Ausfüllen der Karten doch wünschenswert. So entstand unter Verwertung der von Herrn GASS gegebenen Anregungen das folgende Muster, mit dem ich bisher durchaus zufrieden bin (Fig. 2).

Das Format ist größer gewählt, 20 cm mal 12,5 cm, um für eine Skizze der Versuchsanordnung, sowie die nötigen Hinweise reichlich Platz zu haben. Für die fünf großen Gebiete der Physik habe ich verschiedene Farben gewählt, eine sechste für Schülerübungen. Durch Leitkarten läßt sich jedes Gebiet weiter gliedern, wodurch das Aufsuchen einer Versuchskarte erleichtert wird.

Die Karte selber enthält im oberen Randstreifen Raum für die Angabe des Versuchs, ein Feld für das Gebiet der Physik und eines für eine später vorzunehmende Numerierung. Ferner ist ein Vordruck vorgesehen für das Datum, das Signum des die Karte ausstellenden Fachlehrers und für Literaturangaben. Vom Hauptteil der Karte ist etwa das linke Viertel für die Aufzählung der benötigten Apparate und ihrer Nummern eingerichtet. Die übrig bleibende große Fläche wird für eine Skizze der Versuchsanordnung, für Angaben über Versuchsdaten wie Spannung, Stromstärke, Zeit usw., Versuchsergebnisse und anderes verwandt. Alles das an Einzelheiten, was man so leicht vergißt

und dann mühsam wieder ausproben muß, findet hier Platz. Im Notfall kann die Rückseite benutzt werden.

Daß die Aufstellung dieser Karten eine sehr umfangreiche Arbeit ist und die Kartei daher nur langsam fortschreitet, liegt auf der Hand. Von Schülern kann hier nur in seltenen Fällen nützliche Hilfe geleistet werden. Die einmal ausgefüllten Karten haben mir aber schon in den 2 Jahren seit Beginn dieser meiner Karteiarbeit manche erhebliche Entlastung gebracht. Einigen gewandten Primanern konnte ich den Aufbau

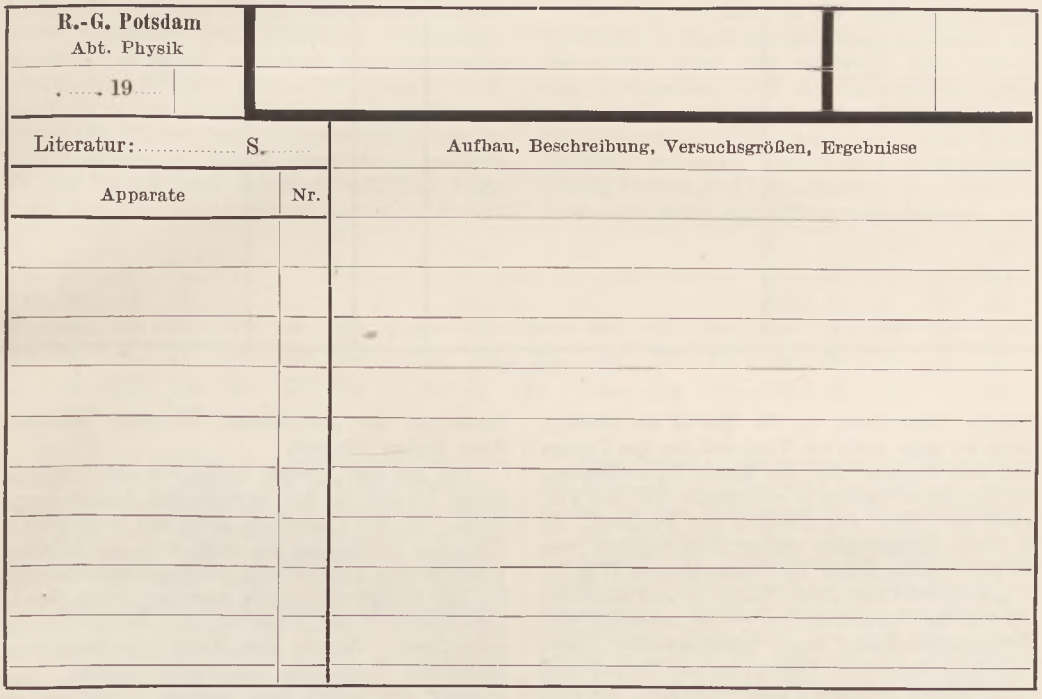


Fig. 2.

von zum Teil recht komplizierten Versuchsanordnungen völlig selbständig überlassen, wenn ich ihnen die betreffenden Karten aushändigte. Vor allem leisten sie auch bei der Bereitstellung der Apparate für die in den Unterricht eingebauten Schülerübungen in gleicher Front die wertvollsten Dienste, indem sie dazu verhelfen, die knappe zur Verfügung stehende Zeit auszunutzen und jede durch Herbeischaffen von fehlenden Zubehörteilen entstehende Unruhe und Störung zu vermeiden. Die Karte folgt hier in gedrängter Form dem glänzenden Vorbild, das uns HERMANN HAHN in seinem Handbuch der physikalischen Schülerübungen hinterlassen hat.

3. Die Literaturkartei.

Auch sie betrachte ich als eine zeitsparende Einrichtung, die es ermöglicht, einmal gewonnene Kenntnis bequem niederzulegen und so aufzubewahren, daß sie jederzeit schnell zur Verfügung steht. Ein Beispiel: Ein Schüler möchte — oder soll — einen Vortrag über Galilei halten. Der Lehrer denkt nach, welches Buch er ihm dazu geben soll, und wo es eingereiht ist. Da sind Lehrer- und Schülerbücherei, die physikalische Handbücherei für Lehrer und — dank dem Entgegenkommen unseres Bücherwarts — auch eine physikalische Handbücherei für Schüler, die sich eines sehr regen Zuspruchs erfreut. Der Lehrer muß also an verschiedenen Stellen nachsehen, ehe er das Gewünschte findet. Füllt er nun eine Karte mit dem Schlagwort „Galilei“ aus, notiert darin sämtliche in Betracht kommenden Bücher, die Bücherei, in der sie stehen, bei Sammelwerken auch die Seiten und macht eine Bemerkung, welches Buch sich für den Schülervortrag eignet, so wird er sich, wenn er wieder einmal in dieser Lage ist, des Vorgangs erinnern, in die Schatulle greifen und unter „G“ die ausgefüllte Karte finden, die ihm nun mühelos das Gewünschte angibt. Und auch die Kollegen werden ihm dafür dankbar sein — hoffentlich!

Neben den biographischen Themen spielen vor allem die technischen eine große Rolle, wie Auto, Turbine, Flugzeug, weiter bestimmte physikalische Themen, wie Luftwiderstand, Fernrohr, Poulsen-Sender. Besonders wertvoll erweisen sich die Karten beim Nachweis von Aufsätzen, die in verschiedenen Zeitschriften zerstreut und häufig besonders gut dazu geeignet sind, einen schnellen Überblick zu vermitteln.

Als Format wählte ich das kleinere bei der Sammlungskartei benutzte 15 × 10 cm, als Farbe einheitlich Rosa. Der obere Streifen enthält Raum für das betreffende Schlagwort und rechts ein kleines Feld für den Anfangsbuchstaben, um eine

R.-G. Potsdam
Abt. Physik
. 19

Literatur-Nachweise:

Verfasser	Titel	Seite	Bücherei	Bemerkungen

Fig. 3.

schnelle Einordnung in die Kartei zu sichern. Links ist dann noch ein Vordruck für das Datum und das Signum des die Karte Ausstellenden. Der Hauptteil enthält je eine Spalte für den Verfasser und Titel des Buches, die Bücherei, die in Frage kommenden Seiten und endlich, was ich für wichtig halte, für Bemerkungen (Fig. 3).

Die Aufstellung dieser Kartei — und ähnliches gilt für die Versuchskartei — ist natürlich eine Gelegenheitsarbeit, keine systematische; denn dazu fehlt dem durch Unterricht und Sammlungspflege schwer belasteten Leiter die Zeit. Es wird oft längere Zeiten geben, in denen keine Karte ausgefüllt wird, und dann kommt einmal eine Woche oder mehrere, in denen gleich eine ganze Anzahl Karten in die Karteien wandern. Das ist aber auch kein Nachteil, denn die Kartei ist ja nicht Selbstzweck, sondern ein Werkzeug zur Rationalisierung unserer Arbeit, zur Vermeidung überflüssiger und hemmender Wiederholungsarbeiten, der stets bereite Rahmen zur Niederlegung einmal gemachter Erfahrungen. Sie erfordert, wie jeder Rationalisierungsprozeß, zunächst erhebliche Kosten und eine recht erhebliche Mehrarbeit, die sich aber mit den Jahren in steigendem Maße lohnt, indem sie uns frei macht zu neuer fruchtbarer Arbeit.

Ein Vorschlag zur Gestaltung der chemischen Arbeitsgemeinschaft. Von Dr. U. SCHOLTZ in Hirschberg i. Rsgbg.

Das Problem der chemischen Arbeitsgemeinschaft ist noch wenig erörtert worden. Es fehlt auf diesem Gebiete an Vorschlägen für die Themastellung und an praktischen Anleitungen, die nicht ebensogut für „eingebaute Übungen“ Anwendung finden könnten.

Die Art des Themas hängt von den Verhältnissen ab, die an der betreffenden Anstalt herrschen. Ist der Unterricht nicht mit eingebauten Übungen verbunden, so muß sich die Arbeitsgemeinschaft auf einfache Versuche beschränken, die der Erwerbung einiger experimenteller Handfertigkeit und der Schärfung der Beobachtungsgabe dienen. Anders aber, wenn diese Ziele vom laufenden Unterricht angestrebt werden, der Schüler also schon eine gewisse Grundlage in die Arbeitsgemeinschaft mitbringt, oder wenn ein Schüler längere Zeit, etwa 2 Jahre, an der Arbeitsgemeinschaft teilnehmen will. Dann muß ihm Gelegenheit gegeben werden, durch eigene Praxis zu einem tieferen Verständnis chemischer Arbeitsweise und der empirischen Forschungsmethoden zu gelangen, wozu ihm der kompliziertere Selbstversuch und mehr als dieser die Bearbeitung eines größeren Gebietes verhelfen kann.

Wie schon oft betont worden ist und die chemisch-biologische Fachsitzung am 7. Dezember 1929 in Breslau in ihren Leitsätzen feststellte, ist die anschaulich-logische Schulung ein Hauptziel der naturwissenschaftlichen Fächer, und die Richtlinien stellen der Chemie die Aufgabe, „die großen Zusammenhänge aller Naturvorgänge zum Bewußtsein zu bringen“.

Auf welchem Wege kann die Arbeitsgemeinschaft zu diesem Ziele führen?

Während die Richtlinien in ihrem allgemeinen Teil dem Stoff der Arbeitsgemeinschaften die Fesseln des Lehrplanes anlegen, heißt es im

Kapitel „Grundsätzliches“ für die Naturwissenschaften: „Auch solche Stoffgebiete wie Elektrotechnik und Kolloidchemie, die über den Rahmen des physikalischen und chemischen Schulunterrichts hinausgehen, können .... in Arbeitsgemeinschaften behandelt werden“. Bei Bearbeitung derartiger Themen kann es sich nur um kleine Ausschnitte aus großen Gebieten handeln, die im wesentlichen theoretisch betrachtet werden unter gelegentlicher Heranziehung erläuternder Versuche. Ob auf diese Weise das Lehrziel in der angedeuteten Weise gefördert werden kann, erscheint zweifelhaft; besonders schwer ist es, so dem Schüler einen Begriff von dem rein empirischen Charakter der chemischen Forschungsmethoden zu geben, was doch als eine unserer wichtigsten Aufgaben betrachtet werden muß. Auch die in den Richtlinien vorgesehene Besprechung von Werken bedeutender Naturforscher ist diesem Zwecke nur schwer dienstbar zu machen. In der Chemie sind geeignete Schriften, abgesehen von ganz alter Literatur, schwer zu finden.

H																	He
Li	Be	B	C										(C)	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si										(Si)	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ms	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	X
Cs	Ba	selt. Erden	Ha	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	—	Em
—	Ra	Ac	Th	Pa	U												

Der eben erwähnten Aufgabe wird man am besten gerecht, indem man die Arbeitsgemeinschaft auf rein experimentelle Grundlage stellt, und dem Ziele, die großen Zusammenhänge aller Naturvorgänge zum Bewußtsein zu bringen, kommt man nicht durch mehr oder weniger zusammenhanglose Einzelversuche näher, sondern durch Versuchsreihen, die sowohl durch „die Selbstkritik herausfordernde Arbeit“ im einzelnen als auch besonders durch Lösung eines in sich geschlossenen, logisch verbundenen Fragenkomplexes formaler Bildung dienen.

Beschränken wir uns auf die sichtbaren Zusammenhänge chemischer Vorgänge. Die Chemie ist ja im glücklichen Besitze eines wirklich umfassenden Gesetzes, des periodischen Systems. Von den hier angehäuften Gesetzmäßigkeiten möglichst viele zur Anschauung zu bringen, kann entweder allein das Thema einer Arbeitsgemeinschaft sein, oder zur Verbreiterung der Basis und Durchbrechung der Schranken einer engeren Zielsetzung dienen, z. B. beim analytischen Arbeiten, worauf sich die Schülerpraktika meistens beschränken.

Von den Schreibweisen des Systems ist leider die für den Schulbedarf unzweckmäßigste mit den die natürlichen Reihen störenden Untergruppen am meisten im Gebrauch. Diese Darstellung erweckt den Eindruck, daß hier ein Naturgesetz Ausnahmen zuläßt. Alle sich daraus ergebenden Schwierigkeiten werden sofort beseitigt, wenn man — s. obenstehende Tabelle — die Untergruppen rechts herausschiebt, so daß Cu, Ag, Au, entsprechend den Ordnungszahlen, hinter Ni, Pd und Pt kommen. Es ist dann notwendig, die ersten beiden Perioden in der dargestellten Weise auseinanderzuziehen; ob man C und Si auf der linken oder rechten Seite einreiht, ist Geschmackssache. Von den zahlreichen Vorzügen dieser Schreibweise seien nur zwei für den Unterricht sehr wesentliche genannt: der Übergang von Metallen zu Nichtmetallen ist klar erkennbar, rechts von der 8. Gruppe stehen alle in saurer Lösung durch H_2S, links einschließlich der 8. Gruppe die in neutraler Lösung durch Ammonsulfid fällbaren Metalle, ganz links diejenigen mit löslichen Sulfiden.

Die Möglichkeiten für die Erarbeitung eines Einblickes in die Zusammenhänge erscheinen auf den ersten Blick sehr zahlreich, viele müssen aber ausscheiden, weil die notwendigen Apparaturen allzu kompliziert sein würden, oder weil die Versuche zu lange dauern und keine Unterbrechung vertragen. Viele Reihen müssen unvollständig bleiben, weil Präparate von allen selteneren Elementen nicht beschafft werden können.

Anknüpfend an die gruppenweise Behandlung der Elemente im Unterricht beginnt man zweckmäßig mit den Kolonnen. Die Übereinstimmung in den Reaktionen der Alkalimetalle und die Ähnlichkeit des Verhaltens der Halogene läßt bereits den Untersekundaner tiefere Zusammenhänge ahnen. Nicht so leicht wie von der Übereinstimmung kann man sich von der sprunghaften Änderung bei den Alkalien überzeugen. Ein einfacher Versuch beruht auf der Abnahme der Basenstärke von Kalium zum Lithium. Beim Zusammengeben gesättigter Kalilauge und ges. Kochsalzlösung entsteht eine reichliche Fällung von Kaliumchlorid, ein entsprechendes Ergebnis zeigt der gleiche Versuch mit NaOH und LiCl. Dasselbe läßt sich, theoretisch leichter erklärbar, mit den Erdalkalien durchführen, hier auch mit den Sulfaten. Die Beziehungen der Halogene zu Wasserstoff und Metallen wird durch die Verdrängung der Elemente mit höherem Atomgewicht aus ihren Wasserstoffverbindungen oder Salzen durch die mit niederem Atomgewicht erläutert, in der Arbeitsgemeinschaft zweckmäßig in etwas größerem Maßstabe. Die Darstellung von Brom oder Jod als Präparate auf diesem Wege erfordert eine Menge lehrreicher Handgriffe und viel Sorgfalt. Für die Beziehungen der Halogene zum Sauerstoff sei auf die kleine Mitteilung von G. GRUBER hingewiesen: „Über die Verwandtschaft von Jod und Brom zum Sauerstoff“, diese Zeitschr. **33**, 107, 1920.

Brauchbare Versuchsreihen ergibt die Gruppe des Stickstoffs. Das Kapitel „Oxydation“ kann hier bei der Darstellung der sich von den fünf-

wertigen Elementen ableitenden Säuren erschöpfend behandelt werden: Darstellung von Salpetersäure durch Verbrennung von Ammoniak an der Platinspirale, von Phosphorsäure durch Verbrennen von Phosphor und Lösen des entstandenen Phosphorpentoxyds oder durch Oxydation von rotem Phosphor durch Salpetersäure, Darstellung der freien Arsensäure auf demselben Wege, ebenso von Antimonpentoxyd und schließlich der roten Wismutsäure aus Wismuthydroxyd mittels Chlor. Der letzte Versuch führt den Schüler zu einer weiteren Definition des Oxydationsvorgangs.

Zeigt diese Reihe die Übereinstimmung im Verhalten dieser Elemente, so zeigt die nächste die sprunghaften Übergänge. Sie handelt von den Chlorverbindungen der Stickstoffgruppe. Unten stehen sehr beständige Metallchloride, oben der durch Elektrolyse von Ammoniumchloridlösung darstellbare explosive Chlorstickstoff, dazwischen die gegen Feuchtigkeit sehr empfindlichen Chloride von Phosphor und Arsen. Phosphor-, Arsen- und Wismuttrichlorid, nach verschiedenen für Schüler geeigneten Methoden darstellbar, müssen zur Reindarstellung destilliert werden, die ersteren unter Abschluß von feuchter Luft, die beiden letzteren im Öl- bzw. Bleibad. Die Versuche stellen also etwas höhere Anforderungen. Die vier Siedepunkte 76°, 130°, 215°, 447° zeigen anschaulich die gesetzmäßige Änderung der physikalischen Konstanten, die den Schülern sonst nur auf dem Papier sichtbar wird.

Die Darstellung irgendwelcher Metallchloride ist in allen Anweisungen für Schülerübungen vorgesehen. Die Aufgabe gewinnt aber an Wert, wenn sie zum Vergleich einer Reihe von Verbindungen des gleichen Typs führt. Die Betrachtung der Chloride läßt sich in der Gruppe des Kohlenstoffs fortsetzen. Silizium-, Zinn- und Bleitetrachlorid, jedes nach besonderer, lehrreicher Methode darstellbar, sind an der Luft zersetzliche Flüssigkeiten.

Das oberste Element jeder Kolonne neigt in seinem Verhalten zur rechts davon stehenden. Eine der wenigen Gelegenheiten, dies zu zeigen, bieten die Wasserstoffverbindungen des vierwertigen Bors, des Kohlenstoffs und Siliziums, gewonnen aus Boriden, Karbiden und Siliziden. Der in der Mitte stehende Kohlenstoff bildet äußerst beständige H-Verbindungen, die der links und unter ihm stehenden Elemente mit zum Teil metallischen Eigenschaften sind an der Luft selbstentzündlich. Die Herstellung erfolgt durch Reduktion von Bortrioxyd und von Quarz durch einen Überschuß an Magnesiumpulver und Zersetzung der entstandenen Verbindungen durch Salzsäure.

Geeignete Versuchsreihen in den Perioden zu finden, ist ungleich schwerer. Durch die folgende wird die Affinität der verschiedenen Elemente zum Sauerstoff durch einfache Reduktionen demonstriert, die auf der linken Hälfte des Systems von den Alkali- bis zu den Eisenmetallen gleichmäßig abnimmt. Auf der rechten Hälfte ist zu beachten, daß sich hier zwei Gesetzmäßigkeiten gleichsam überdecken: Affinität zum Sauerstoff und allgemeine chemische Affinität. Erstere ist darum relativ aufzufassen. So kommt es, daß hier zwei Minima der Reaktionsfähigkeit gegen O auftreten, links unten beim Gold und rechts oben beim Fluor.

Bortrioxyd ist durch Magnesium reduzierbar, nicht aber durch das rechts von Mg stehende Aluminium. Es folgt Reduktion von Kohlendioxyd und Siliziumdioxyd durch Magnesium, von Arsenik durch Magnesium, Aluminium oder Kohlenstoff, von Salpetersäure durch Kohlenstoff oder durch Schwefel, was das Sinken der Affinität zu O von unten nach oben zeigt, schließlich die Darstellung von Chrom, Mangan, Eisen nach dem GOLDSCHMIDTschen Verfahren und Nachahmungen technologischer Prozesse zur Gewinnung von anderen Metallen.

Sind einem Schüler mehrere solche Versuchsreihen als Aufgabe gestellt worden, so kann er beim analytischen Arbeiten seine Ergebnisse selbst in ein Schema bringen. Er sieht dann, wie z. B. die Elemente mit Säurecharakter tragenden Hydroxyden im System zusammenstehen, wie die mit NH_3 oder CN Komplexsalze bildenden sich zu einem Rechteck ordnen, wie sich die mit unlöslichen Chloriden oder Sulfaten oder die in negativen Radikalen auftretenden Metalle gruppieren usw.

Auch in der organischen Chemie erscheint es ratsam, die Schüler durch geeignete Themastellung über den Gesichtskreis des einzelnen Versuchs hinaus zu den Zusammenhängen zu führen. Die Aufgabe heißt z. B. nicht Darstellung von Aldehyd oder von Ester, sondern „Oxydationsprodukte des Äthans", die dann der Reihe nach darzustellen sind. Die in der Fachliteratur angegebenen Rezepte lassen sich leicht ins Schulmäßige übersetzen, auch für andere Reihen wie „vom Äthylen bis zur Oxalsäure", „vom Benzol zum Amidoazobenzol". Mancher stößt sich an den hohen Kosten, die entstehen, wenn solche Versuche von vielen Schülern gleichzeitig ausgeführt werden, weil in vielen Fällen der teure Alkohol das Ausgangsmaterial ist. In dem für uns in Betracht kommenden kleinen Maßstabe läßt sich aber fast alles ohne Störung machen, wenn man seinem Herzen einen Stoß gibt und Brennspiritus verwendet.

Chemischer Handatlas[1].

Es ist dem Berichterstatter eine besondere Freude, an dieser Stelle ein Werk anzeigen zu können, das Forschern, Lehrern und Studierenden zahlreicher naturwissenschaftlicher Fächer eine erstaunliche Fülle wertvollen Materials in ebenso eigenartiger wie glücklicher Form darbietet. Man braucht keine Worte darüber zu verlieren, in welch' wirksamer Weise durch das Auge vermittelte

[1] W. WALTER MEISSNER: Chemischer Handatlas. Anorganische Chemie unter besonderer Berücksichtigung von Atomphysik und Atomchemie. 60 vielfarbige Karten, fünfsprachig beschriftet, nebst ausführlichem Text (64 + 24 Seiten). Georg Westermann, Braunschweig, 1931. Geb. RM. 38,—.

Eindrücke textliche Darlegungen unterstützen, mögen sie auf mathematisch-graphischen Darstellungen oder auf bildlichen Veranschaulichungen anderer Art, schließlich sogar nur auf differenzierter Ausgestaltung des Textdruckes beruhen. Daß eine wirkungsvolle Verwertung derartiger Hilfsmittel sich besonders in Unterrichtswerken findet, die von Lehrern höherer Lehranstalten oder von Volksschullehrern verfaßt sind, müssen wir Hochschuldozenten gerechterweise anerkennen und auf die von jenen Lehrerkreisen an sehr ursprünglichem Schülermaterial gewonnenen pädagogischen Erfahrungen zurückführen. Der Schüler wird sich zweifellos ein physikalisches Gesetz weit besser einprägen, wenn er sich daran erinnert, daß es in seinem Lehrbuch z. B. „links oben, in Fettdruck, eingerückt, mit hervortretender Formel, einem Schaubild u. a." wiedergegeben, als wenn es in einem noch so vortrefflichen Text, aber ohne augenfällige Hervorhebung und zeichnerisches Beiwerk enthalten ist. Freilich ist es keine leichte Aufgabe, solches Beiwerk eindrucksvoll und bei möglichster Einfachheit erschöpfend zu gestalten; schon bei graphischen Darstellungen muß die Wahl der Koordinaten zweckmäßig erfolgen, indem oft erst bei Einführung von Veränderlichen wie $\frac{1}{x}$, $\log x$ u. a. die Gesetzmäßigkeiten deutlich hervortreten. Handelt es sich gar um die Veranschaulichung von Beziehungen, die sich nicht mathematisch formulieren lassen, so erfordert es ein großes Maß von pädagogischem Verständnis, eine geeignete Form der Darstellung zu finden, die von Trivialität wie von Gezwungenheit in gleicher Weise frei bleibt. Wer selbst in Einzelfällen derartige Schaubilder zu schaffen versuchte, und dabei die Fülle der Schwierigkeiten und Bedenken bei jedem Problem an sich erfahren hat, kann eine Vorstellung davon gewinnen, welch enorme Arbeit der Verf. des vorliegenden Werkes zu leisten hatte, indem er es unternahm, die Systematik der chemischen Elemente, ihr Vorkommen, ihre Darstellung, ihre Eigenschaften und ferner die Mannigfaltigkeit der Eigenschaften chemischer Verbindungen in Form von Tafeln zu veranschaulichen und diese zu einem „Chemischen Handatlas" zu vereinigen.

Nicht ohne Interesse erfährt man vom Verf., wie er, angeregt durch eine gelegentliche Bemerkung seines Chemielehrers über die Mängel der althergebrachten Einteilung der chemischen Elemente, deren Verbesserung versuchte und zu der Erkenntnis geführt wurde, daß die gewöhnliche Zeichengebung zweckmäßig durch die Heranziehung farbiger Darstellung gestützt und vertieft werden könne: „Einen Fingerzeig bot der bei Lackmusreaktionen auftretende Farbumschlag: Metalle wurden dementsprechend als basische Stoffe durch Lackmusblau, Metalloide als säurebildende Elemente durch Lackmusrot bezeichnet. Daraus ergab sich für amphotere Stoffe die Mischfarbe aus jenen beiden: das Violett. Jetzt war es ein leichtes, auch die weitergehenden Unterscheidungen kenntlich zu machen: betont basisch amphotere Stoffe konnten durch Nebeneinandersetzen von Blau und Violett, vorherrschend sauer amphotere Elemente durch Rot und Violett des näheren gekennzeichnet werden. Auf diese Weise wurde innerhalb der langperiodig ausgeführten Form des Systems als Ganzem folgende regionale Verteilung der Elemente ersichtlich: links seitlich und in der Mitte standen rein basenbildende Elemente: blaue Felder — rechts seitlich und rechts oben ordneten sich rein säurebildende Elemente an: rote Felder — dazwischen lagen amphotere Elemente: violett enthaltende Felder. Die so entstandene Farbenanordnung wirkte im Augenblick derart überraschend und überzeugend zugleich, daß unwillkürlich der Gedanke aufkam, es mit der Darstellung weiterer Eigenschaften ebenfalls in farbiger Ausführung zu versuchen." Bei der Durchführung dieser Aufgabe erwies es sich als zweckmäßig, die für die einzelnen Elemente umrandeten Farbfelder, „Siegel", mit eingetragenen Symbolen zu versehen, die in Gestalt von Buchstaben, Zahlenangaben, Zeichen u. a. Name, Atomgewicht, Atomvolumen, Atombau, Wertigkeit, spektrale Verhältnisse und ähnliches, ferner Häufigkeit, Darstellung und deren Geschichte, thermische, elektrochemische Konstanten und zahlreiche andere wichtige Größen für die Elemente, sowie Namen, Formeln, stöchiometrische, thermische, elektrische u. a. Konstanten, systematische Beziehungen usw. für die chemischen Verbindungen enthalten.

Auf diese Weise ist fast die ganze Atomphysik und Atomchemie, wie auch die Systematik und Koordinationslehre der anorganischen Verbindungen in 60 Tafeln dargestellt, deren jede von einer ausführlichen Beschreibung auf der linken Buchseite begleitet ist. Dieser textliche Teil ist mit der gleichen bewundernswerten Sorgfalt bearbeitet, wie die Tafeln selbst; er bringt die für deren Verständnis erforderlichen Erläuterungen und stellt das betreffende Gebiet in der Form geschichtlich begründeter Entwicklung dar, wobei in reichem Maße grundlegende Arbeiten der Weltliteratur angeführt werden. In dieser Ausgestaltung stellt des Verf. Handatlas durch wirkungsvolle Gemeinsamkeit von Wort, Zahl und Bild ein solch reichhaltiges Lehr- und Nachschlagewerk dar, daß es dem Benutzer manches Unterrichts- und Handbuch und manche Konstantensammlung ersetzt. Allerdings erschließt es die ganze Fülle seines Inhaltes nur dem aufmerksamen Leser, der sich mit Eindringlichkeit die Grundlagen der vielgestaltigen Darstellungsweise zu eigen macht; wer sich diese Mühe nicht verdrießen läßt, findet ohne Zweifel reichen Lohn und wird mit dem Berichterstatter hoffen, daß das vortreffliche Werk, für dessen glänzende Ausstattung und außerordentlich niedrigen Preis man dem Verlag aufrichtigen Dank zollen muß, aller Zeitungunst zum Trotz den wohlverdienten Absatz finden und als Nachtrag oder bei einer Neuauflage die ursprünglich vom Verf. noch geplanten, aus ökonomischen Gründen weggelassenen Darstellungen (Raumgitter, stöchiometrische Konstanten einfacher Verbindungen u. a.) verwirklicht werden können. *Karl Schaum (Gießen).*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik. Von Dr. Karl Rosenberg. 13., neubearbeitete Auflage. Ausgabe K. Zusammen 420 Seiten mit 632 Abb. und 6 Tafeln. Verlag Hölder-Pichler-Tempsky A. G. Wien. Preis 1. Teil: RM. 5,30, S 8,50; 2. Teil: RM. 4,25, S 6,80.

Das bewährte Lehrbuch erscheint in einer für die Oberklassen der österreichischen Mittelschulen (Gymnasien, Realgymnasien, Realschulen) bestimmten Neuauflage, die entsprechend den neuen Lehrplänen des österreichischen Ministeriums umgearbeitet ist. Diese sehen in der Mechanik eine Trennung in 2 Lehrgänge, Statik und Dynamik, vor. Dementsprechend wird im 1. Abschnitt zunächst die Lehre von den ruhenden Körpern einschließlich der flüssigen und gasförmigen behandelt. Darauf folgt die Wärmelehre und dann erst die Behandlung der Bewegung der Körper mit der Einführung des absoluten Maßsystems und der Energielehre. In den reichsdeutschen Lehrplänen hat man diese Einteilung, die manches Zusammengehörige verschiedenen Abschnitten zuweist, vermieden.

Im Vergleich mit früheren Auflagen sind mannigfache Verbesserungen und Ergänzungen festzustellen. Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre ist in seiner Bedeutung klar dargestellt und durch Beispiele belegt. Die Bewegung der Gestirne und ihre Gesetzmäßigkeiten sind in einem sehr ansprechenden Abschnitt und durch ausgezeichnete Abbildungen erläutert.

Auch in der Elektrizitätslehre ist der modernen Entwicklung durch Eingehen auf die elektrischen Wellen, die elektromagnetische Lichttheorie, sowie Quanten- und Relativitätstheorie Rechnung getragen. Vielleicht könnte nach dieser Richtung noch weiter gegangen werden. Die Abbildungen, die sich schon in den früheren Auflagen durch Klarheit auszeichneten, sind zum Teil noch verbessert und durch einige moderne Darstellungen von technischen Anlagen (Dampf- und Wasserkraftwerke) ergänzt. Zahlreiche geschichtliche Hinweise sind für den Unterricht wertvoll. Ein Anhang gibt einen Überblick über die physikalischen Maßeinheiten und ihre Dimensionen. Eine große Zahl sorgfältig ausgewählter Aufgaben bietet reichhaltigen Übungsstoff. Für die Hand des Lehrers hat der Verlag ein Lösungsheft herausgegeben, das zum Preise von 0,70 S erhältlich ist.

Im ganzen kann gesagt werden, daß die neue Bearbeitung die bewährten Vorzüge der bisherigen Ausgaben in Bezug auf eine klare, für den Durchschnittsschüler hinreichend ausführliche Darstellung bewahrt und zugleich wesentliche Fortschritte in der Anpassung an die Ergebnisse der modernen physikalischen Forschung gemacht hat. *Hauschulz.*

Der Michelson-Versuch, seine Deutung und seine Konsequenzen. Gemeinverständlich dargestellt von Dr. R. Orthner. 18 Fig. im Text, 80 Seiten. Linz a. d. D. 1931. Verlag „Im Buchladen" (Franz Winkler). Preis RM. 5,40.

Der Verf. geht von der Ansicht aus, daß Raum und Zeit ausschließlich subjektiver Natur sind und es daher denkbar wäre, daß eine widerspruchsfreie Beschreibung der Naturvorgänge mit Hilfe der Raum-Zeit-Vorstellungen nicht möglich ist. (Dabei beschränkt er sich aber von vornherein auf den Raum- und Zeitbegriff Newtons, schließt also willkürlich eine Objektivierung dieser Begriffe im Sinne der Relativitätstheorie aus.) Von diesem Standpunkt entwickelt er das Programm seiner Arbeit: Zunächst sollen räumliche Entfernungen und Zeitintervalle als reale physikalische Größen betrachtet werden. Zeigt sich dabei ein Widerspruch mit der Erfahrung, dann muß die Hypothese von der physikalischen Realität des Raumes und der Zeit aufgegeben werden, und zum Ersatz müssen andere Größen eingeführt werden, die die Beobachtungen richtig wiedergeben.

Nach einer Durchmusterung der bekannten optisch-elektrischen Erscheinungen an bewegten Körpern sieht der Verfasser diesen Widerspruch im Ergebnis des Michelson-Versuches, sowie in der Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Translationsbewegung des Planetensystems (erschlossen aus den Verfinsterungen der Jupitersatelliten). Er führt daher an Stelle der räumlichen Entfernungen s neue Größen ϑ, an Stelle der Relativgeschwindigkeiten v zweier Punkte die „Veränderungskoeffizienten" μ ein. ϑ und μ werden als Funktionen von s und v so bestimmt, daß die Versuchsergebnisse richtig (nach Ansicht des Verfassers!) wiedergegeben werden. Ein Schlußkapitel ist den früheren „Deutungsversuchen" (Lenard, Lorentz, Einstein) gewidmet.

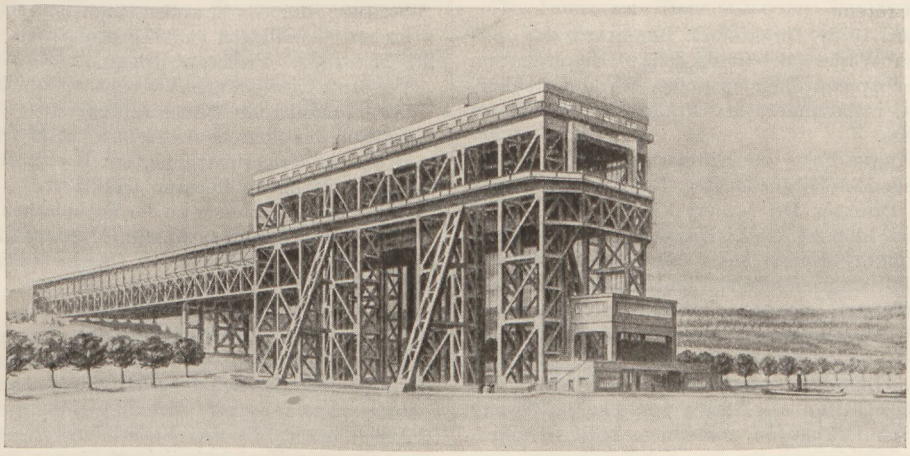
Die Schwäche des Buches liegt vor allem in dem ganz unhaltbaren erkenntnistheoretischen Standpunkt. Aber auch das Kapitel über die Optik bewegter Körper zeigt vielfach Entgleisungen. Die Literatur der Relativitätstheorie, z. B. das zitierte Buch von Reichenbach, kennt der Verfasser allem Anschein nach bloß aus Zitaten. Als Kuriosum mag noch erwähnt sein, daß die richtige Wiedergabe des Fresnelschen Mitführungskoeffizienten durch das Additionstheorem für Geschwindigkeiten in der Relativitätstheorie als ein Mangel dieser Theorie ausgelegt wird, während der unrichtige Wert, der aus dem Additionsgesetz des Verfassers $\left(v_{13} = v_{12} + v_{23} - \frac{v_{12} v_{23}}{c}\right)$ folgt, ihm als Vorzug seiner Theorie erscheint.

O. Mathias.

Das Schiffshebewerk Niederfinow, Großschiffahrtsweg Berlin-Stettin. Herausgegeben vom Neubauamt Eberswalde, bearbeitet von Regierungsbaumeister Eberhard Fischer. 68 Seiten mit 57 Abb. und 2 Plänen. Preis brosch. RM. 0,50. Verlagsgesellschaft R. Müller, m. b. H. in Eberswalde.

Seit der Fertigstellung des Großschiffahrtswegs Berlin-Stettin im Jahre 1914 ist Nieder-

finow, halbwegs zwischen Eberswalde und Freienwalde, durch die riesige Schleusentreppe bekannt geworden, durch welche der 36 m betragende Höhenunterschied zwischen der Oderhaltung und dem Höhengelände nördlich des Finowkanals überwunden wird. Da die Schleusentreppe bereits wenige Jahre nach dem Kriege den stark anwachsenden Schiffsverkehr kaum noch bewältigen konnte, wurde 1925 mit dem Bau einer zweiten Ab- und Aufstiegsvorrichtung begonnen, die 1933



dem Verkehr übergeben werden soll. — Die kleine Schrift unterrichtet in leicht verständlicher Weise und doch mit erfreulicher Gründlichkeit über die ganze Anlage des Kanals, der Schleusentreppe und vor allem das neue Schiffshebewerk, das als eine Großtat deutscher Technik zu bezeichnen ist. Kähne bis zu 1000 Tonnen werden, in einem mit Wasser gefüllten Trog aus Stahl schwimmend, wie in einem Riesenfahrstuhl, in 5 Minuten um 36 m senkrecht empor- oder heruntergefahren. Für den Schulunterricht ist die Schrift dadurch wertvoll, daß sie überall interessante Anwendungen physikalischer Gesetze und Probleme bietet. Überraschend und zum Nachdenken anregend ist z. B. die für die ganze Anlage grundlegende Tatsache, daß der Riesentrog bei gleich hohem Wasserstand stets dasselbe Gewicht hat — gleichgültig, wie schwer das darin schwimmende Schiff ist, oder ob überhaupt ein Schiff darin befördert wird —, eine Folge des Satzes von Archimedes. Die ganze Schrift steckt voll interessanter Probleme und bietet durch reiche Zahlenangaben Stoff für Aufgaben. Ein Besuch der Anlagen im Anschluß an die Beschäftigung mit der gedruckten Beschreibung, aus der hier ein Bild wiedergegeben ist (s. Fig.), wird für Schüler und Lehrer überaus eindrucksvoll sein. Der niedrige Preis der Schrift ermöglicht die Anschaffung einer größeren Zahl von Exemplaren für den Unterricht in der Klasse.

Hauschulz.

Vereine und Versammlungen.

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes in Wien. Bericht über die Vereinstätigkeit im zweiten Halbjahre des 38. Vereinsjahres (Schuljahr 1931/32).

A. Vorträge.

20. Februar 1932. Hauptschullehrer JOHANN SELBITSCHKA: Projektion bei Tageslicht; Epi-, Dia- und Schmalfilmprojektion mit dem neuen Prolux-Projektor, Neukonstruktionen des Vortragenden.

27. Februar 1932. Ingenieur HANNS KOCH, Leiter der Abteilung für Lichtwirtschaft der Osram-Glühlampenfabrik: Paris (Kolonialausstellung) und London im Licht; moderne Beleuchtungstechnik und Lichtarchitektur.

5. März 1932. Professor JOSEF L. NAGY (Vac, Ungarn): Der physikalische Unterricht an Mittelschulen in Ungarn. Vorführung von Versuchen: a) Über das erste Gasgesetz; b) Über die gleichförmige Bewegung.

8. März 1932. Professor HEINRICH PABISCH: GOETHE als Naturforscher; die naturwissenschaftlichen Sammlungen GOETHEs im GOETHE-Haus zu Weimar.

12. März 1932. Ingenieur JOSIP SLIŠKOVIC: Von den Radiowellen bis zum Lichtstrahl im Dienste der Nachrichtentechnik (mit Experimenten).

17. März 1932. Besichtigung und Vorführung neuester Geräte auf dem Gebiete des Feuerschutzes, der Unfallverhütung und Wiederbelebung, und zwar Kohlensäure-Trockenlöschsystem „Total"; Kohlensäure-Schneelöschsystem „Polar-Total"; einfache Respiratoren und Atemschützer, Dräger-Gasmasken, Dräger-Frischluft-Zuführungsgeräte, Dräger-Sauerstoff-Gasschutzgeräte; Inhalations- und Wiederbelebungsgeräte; Schutzvorrichtungen

gegen Ausbrennen, Flammenrückschläge und Explosionen bei Autogenarbeiten.

19. März 1932. Schulrat Anton Lohse: Vorführung eines Dynamomotors mit einer Drehstromapparatur des technischen Physikers Carl Lerch und eines zerlegbaren Magnet-Motors. Hauptschullehrer Rudolf Fuchs: Vorführung des verbesserten Lupenprojektors Fuxpro der optischen Werke Carl Reichert in Wien.

2. April 1932. Professor Dr. Karl Rossrucker: Elektrische Schwingungsversuche mit Phywe-Apparaten.

20. April 1932. Direktor R. Bensmann der optischen Werke Carl Zeiß, Jena: Demonstration neuer Apparate der optischen Werke Carl Zeiß, Jena, insbesondere des Pulfrichschen Photometers.

Kraus-Feier zur Erinnerung an die beiden gründenden Mitglieder Reg.-Rat Konrad Kraus und Direktor Dr. Isidor Kraus.

9. April 1932. I. Teil. Hauptschullehrer Josef Zaschel: Kann man die Beschleunigung direkt veranschaulichen und messen? Hauptschullehrer Leopold Dobrowolny: Versuche über die Gleichrichterwirkung eines Kristalldetektors in der Hauptschule, mit den von einer Glühbirne ausgestrahlten Elektronen, mit Pflanzensäften als Ersatz von Lackmuslösung bei Schülerübungen, mit einem billigen Mikroprojektionsapparate für Schülerübungen. — Hauptschullehrer Paul Koller: Versuche mit einem aus einem alten Divisor hergestellten Transformator. Schulrat Josef Deisinger: Modelle von Dampfturbinen. Schulrat Hans Kellermann und die Hauptschullehrer Erwin Effenberger und Kugler: Die Dampflokomotive, eine Lichtbildreihe für die 4. Hauptschulklasse des Vereines „Skioptikon".

12. April 1932. II. Teil. Schulrat Hans Kellermann: Versuche über elektrolytische Metallniederschläge. Eine Schmelzpunktbestimmung auf der Unterstufe. Die Kartei der Lehrmittelsammlung. Unterbringung von Schülerübungsgeräten. Hauptschullehrer Ludwig Antonicek: Unsere Schulrundfunkempfangsanlage. Mikrophon und Lautsprecher; Herzschlagübertragung; Aufnahme einer Schallplatte mit Geräten der Firma „Phonoson", Wien. Lehrmittelmechaniker Walter Katein: Rundfunkgeräte für den Unterricht.

12. April 1932. Im Anschluß an die Chemisch-physikalische Gesellschaft, Professor Dr. M. Pirani, Berlin: Neue Wege in der Physik und Technik der Lichterzeugung (mit Experimenten).

16. April 1932. Professor Dr. Karl Ippisch: Moderne Demonstrationsgeräte für den physikalischen Unterricht der Firma Siemens & Halske A. G. in Wien III.

I. Zerlegbarer Transformator. A. Als Gleichstrommagnet, Induktionsbremse. B. Als Transformator. 1. Hochspannung, Lichtbogen zwischen Glaselektroden, Ionenleitung in Flammengasen; 2. Gleichrichtung hochgespannter Ströme, Betrieb von Geißlerröhren. II. Oszillograph (voreilender, nacheilender Strom, optische Aufzeichnung von Sprechströmen, Schwingungen einer Empfängerröhre). III. Neue Meßgeräte und Apparate für den Unterricht. IV. Vorführung des neuen Schmalfilm-Kinoapparates der Siemens & Halske A. G.

7. Mai 1932. Ingenieur Hanns Koch: Die Entwicklung der elektrischen Glühlampe, ein Problem der Wirtschaftlichkeit (mit Lichtbildern und Demonstrationen).

21. Mai 1932. Cand. phil. Josef Fuchs: Die Ausbreitung der Radiowellen und ihre physikalischen Grundlagen (mit Lichtbildern).

28. Mai 1932. Professor Josef L. Nagy (Vac, Ungarn): Eine einfache Vorrichtung zur Messung des mechanischen Wärmeäquivalentes; Demonstration der Phasenverschiebung beim Wechselstrom mit Zeigerinstrumenten; Hertzsche Versuche mit einem linearen Oszillator.

11. Juni 1932. Professor an der Technischen Hochschule in Wien Dr. Alfred Lechner: Über Apparate zur Messung von Geschwindigkeiten.

B. Besichtigungen.

29. März 1932. Besichtigung der Osram-Glühlampenfabrik in Atzgersdorf bei Wien.

17. Juni 1932. Besuch der Ausstellung chemischer und physikalischer Schülergeräte für den Arbeitsunterricht in Naturlehre an Hauptschulen des Hauptschullehrers Franz Koschabek in Wien, XVI.

C. Kurse.

An 10 Samstag-Nachmittagen fand ein je zweistündiger Kursus über „Praxis der Radiotechnik" (praktische Beispiele und Messungen) unter Leitung von Ingenieur Josip Sliškovic statt.

Vereinsleitung:

Obmann: O. ö. Professor an der Technischen Hochschule in Wien Hofrat Dr. Heinrich Mache.
Obmann-Stellvertreter: Hofrat Dr. Karl Bruno und Studienrat Friedrich Brandstätter.
Geschäftsführer: Regierungsrat Professor Karl Müllner (Wien, IV., Schelleingasse 39).
Vereinszeitschrift: „Physik und Chemie"; Hauptschriftleiter: Professor Dr. Rudolf Beranek (Wien, VI., Amerlingstraße 6).

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

(Ortsgruppe des Deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.)

Bericht über das Jahr 1932.

Den Vorstand bildeten die Herren Girke, Spillner, Klamroth und Haase.

Sitzungen.

12. Januar: Festsitzung zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens des Vereins. Herr Becker: Unsere Kenntnis vom Elektron in den letzten fünfzig Jahren (vgl. diese Zeitschrift 1932, S. 143).

11. Februar: Gemeinsame Sitzung der Berliner Vereine zur Förderung des mathematischen, physikalischen, chemischen und biologischen Unterrichts. Herr Hamel: Über einige neuere Forschungen aus der Hydrodynamik.

8. März: Herr Kröncke: 1. Versuche aus der Mechanik und Optik. 2. Versuche mit kurzen Schallwellen (Schwingungen von Platten und Stäben und deren Anwendungen).

26. April: Herr Estorff: Die neuere Entwicklung der Hochspannungsschaltgeräte.

18. Mai: Besichtigung des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke in Siemensstadt.

31. Mai: Herr Weimann: Experimentalvortrag mit einem neuen Klein-Oszillographen. Schaltvorgänge in Gleichstromkreisen. Gleichrichter- und verzerrte Wechselstromkurven. Phasenverschiebung und Leistungsmessungen. Akustische Versuche.

14. Juni: Herr Roller: Verwendung genormter Aufbauteile in der Elektrizitätslehre.

16. August: 1. Herr Neufeld: Physikalische Schülerfehler. 2. Herr Apt: Wechselstromversuche mit einfachsten Apparaten.

6. September: Herr Th. Meyer: Das Nordlicht (Vortrag mit Filmvorführung).

25. Oktober: Herr Kirchner: Goethes Farbenlehre.

15. November: Herr Moeller: Zur Entwicklung des Tonfilms. Vorführung eines Tonfilms.

6. Dezember: Herr Henckel: Die Behandlung der Elektrizitätslehre nach Mie und Pohl im Schulunterricht (mit den grundlegenden Experimenten). *R. Girke.*

Aus Werkstätten.

Schellbachsche Natriumröhren aus natriumfestem Glas.

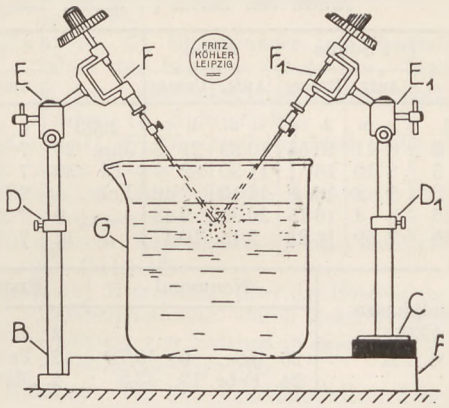
Im Jahre 1888 [Z. phys. u. chem. Unt. **2**, 82 (1888)] schlug K. Schellbach vor, die Absorption des Natriumlichtes durch nichtleuchtenden Natriumdampf zu zeigen, der sich in einer Glaskugel befindet. Er füllte die Kugeln, die ein Natriumstückchen enthielten, mit Wasserstoffgas; später wurden sie luftleer hergestellt. Wenn die Erwärmung nicht sehr vorsichtig vorgenommen wurde, bräunte sich das Glas bald, und das Rohr war dann unbrauchbar.

Die Osram G. m. b. H. verfügt seit einiger Zeit über Glas, das bei wesentlich höherer Temperatur noch gegen Natriumdampf unempfindlich ist und für die Natriumlampe der Osram G. m. b. H. benutzt wird. Auf Anregung der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht stellt die Osram G. m. b. H. jetzt auch Schellbachsche Natriumröhren aus diesem Glase her. Sie haben ein 2 cm weites, 5 bis 6 cm langes, walzenförmiges Gefäß mit einem 6 cm langen Stiel aus 6 mm dickem Glasrohr. Die Schellbach-Röhren aus natriumfestem Glas sind, wie die Osramschullampen [Z. physik. chem. Unt. **44**, 159 (1931)], durch die Handlungen für physikalisches Unterrichtsgerät zu beziehen. Man gebe bei der Bestellung an: Natriumfestes Glas, Hersteller Osram G. m. b. H., damit nicht irrtümlich der Händler Röhren aus gewöhnlichem Glas anfertigen läßt, weil ihm die vorstehende Mitteilung nicht bekannt geworden ist.

Elektro-Metallzerstäubungsapparat. Nach Dr. Erich Einecke in Kiel.

Die Firma Fritz Köhler in Leipzig S. 3, Windscheidstr. 33, hat die Herstellung und den Vertrieb einer einfachen Vorrichtung zur elektrischen Zerstäubung von Metallen übernommen.

Das Gerät (s. die Figur) besteht aus einem mit Aluminiumblech abgedeckten Leichtmetallrahmen von 33 cm Länge und 22 cm Breite, der zwei isolierte, 12 cm hohe Rohrstative trägt, von denen eines fest angeordnet (*B*) und das andere (*C*) in einem Längsspalt durch eine Gegenfeder gehalten und verschiebbar ist. In den Rohren befinden sich die Schafte der Elektrodenhalter (*F*), die durch Rändelmuttern (*D*) in beliebiger Höhe einzustellen sind. Letztere lassen sich durch Kugelgelenke (*E*) nach allen Richtungen neigen und



durch Knebelschrauben in gewünschten Lagen fixieren. Nach der Grobeinstellung erfolgt die weitere Regulierung des Abstandes der Elektroden, die in federnd gleitenden Haltestücken festgeklemmt werden, durch Hartgummischrauben, die hälftig von verschiedenem Durchmesser sind, so daß Einstellungen unterschiedlicher Feinheit vorgenommen werden können. Zum Anlegen der Spannung sind Klemmschrauben vorgesehen.

Diese Zerstäubungseinrichtung gestattet, Gefäße verschiedenster Größe von 50 bis 2000 ccm Inhalt zu verwenden und die Elektroden nahezu vollständig zu zerstäuben. Sie bewährte sich zur Demonstration in der Vorlesung sowohl als auch bei der Bereitung vieler Liter Sol. Es wurden mit 220 Volt und etwa 4 Ampere die besten Ergebnisse erzielt. Die Lichtbogenbildung wird unter diesen Bedingungen durch einen geringen Zusatz von Gummi arabicum (0,5%) zu schwach alkalischem Wasser (0,001 n) sehr wesentlich begünstigt. Der Apparat, der auch für andere elektrische und elektrolytische Versuche verwendbar ist, kostet RM. 48,—.

Himmelserscheinungen im Januar und Februar 1933.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0h W.Z. = Mitternacht Bürgerliche Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0h bis 24h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = Bürgerliche Zeit Stargard = W.Z. + 1h.

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl.[1]	Sternzeit[2]	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1933	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Jan. 0	18 40	—23,1	+ 2 53	6 36 50	17 10	—21,9	16 43	—21,1	11 20	+ 7,6	11 37	+ 3,9	20 26	—19,8
„ 5	19 2	22.7	5 13	6 56 32	17 39	23.0	17 9	22,0	11 24	7,3	11 37	3,9	20 28	19,7
„ 10	19 24	22,1	7 23	7 16 15	18 10	23,7	17 36	22,6	11 27	7,2	11 37	3,9	20 30	19,5
„ 15	19 45	21,2	9 18	7 35 58	18 42	23,9	18 3	22.9	11 29	7,1	11 37	3,9	20 33	19,4
„ 20	20 7	20,3	10 57	7 55 41	19 16	23,6	18 30	23,0	11 30	7,2	11 37	4,0	20 35	19,2
„ 25	20 28	—19,1	+12 18	8 15 24	19 50	—22,8	18 57	—22,7	11 30	+ 7,3	11 36	+ 4.1	20 38	—19,1
„ 30	20 48	17,8	13 20	8 35 6	20 25	21.3	19 24	22.2	11 29	7,6	11 35	4,2	20 40	19,0
Febr. 4	21 9	16,4	14 0	8 54 49	21 0	19,2	19 51	21.4	11 26	8,0	11 33	4,4	20 42	18.8
„ 9	21 29	14,9	14 20	9 14 32	21 35	16,6	20 17	20.3	11 22	8,6	11 32	4,6	20 45	18,7
„ 14	21 49	13.2	14 21	9 34 15	22 9	13,3	20 43	18,9	11 17	9,2	11 30	4,8	20 47	18,5
„ 19	22 8	—11,5	+14 2	9 53 58	22 44	— 9,4	21 9	—17,4	11 11	+ 9,9	11 28	+ 5,1	20 50	—18,4
„ 24	22 27	9.7	13 28	10 13 40	23 17	5,2	21 34	15,6	11 4	10.6	11 26	5,3	20 52	18,2
März 1	22 46	— 7,8	+12 38	10 33 23	23 46	— 1,0	21 58	—13,7	10 57	+11,3	11 23	+ 5,6	20 54	—18,1

[1] Zeitgleichung = mittlere Zeit − wahre Zeit.
[2] Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^s.657 \cdot \lambda^\circ$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit.
Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich v. Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1933	h m	h m	h m	h m	1933	h m	h m	h m	h m	1933	h m	h m	h m	h m
Jan. 0	8 11	15 55	10 39	21 6	Jan. 25	7 53	16 32	8 5	15 39	Febr. 19	7 9	17 19	4 22	10 37
„ 5	8 10	16 1	11 30	2 7	„ 30	7 46	16 41	9 17	22 34	„ 24	6 59	17 29	7 2	17 34
„ 10	8 8	16 8	14 10	7 46	Febr. 4	7 38	16 50	10 33	3 32	März 1	6 48	17 38	7 55	23 59
„ 15	8 4	16 15	20 39	9 43	„ 9	7 29	17 0	15 39	7 21					
„ 20	7 59	16 23	2 16	10 47	„ 14	7 19	17 10	22 33	8 23					

Mondphasen 1933 M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		3. Jan. 17h 23,6m	11. Jan. 21h 35,6m	19. Jan. 7h 15,4m
	26. Jan. 0h 19,7m	2. Febr. 14 16,3	10. Febr. 14 0,5	17. Febr. 15 8,4
	24. Febr. 13 43,9	4. März 11 23,3		

Verfinsterungen der Jupitertrabanten in M.E.Z. (E = Eintritt, A = Austritt.)

Trabant I		Trabant II	Trabant III		Trabant IV	
h m		h m	h m		h m	
14. Jan. 21 56,3 E	13. Febr. 23 57,3 E	7. Jan. 22 57,5 E	2. Jan. 22 56,5 A		12. Febr. 21 11,0 E	
21. „ 23 49,3 E	22. „ 20 19,3 E	8. Febr. 22 38,2 E	9. „ 23 34,7 E		13. „ 0 54,6 A	
6. Febr. 22 4,0 E	1. März 22 13,1 E		21. Febr. 23 22,4 E			

Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

	Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1933	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Jan. 0	A 6,6	Dm 7,0	A 6,1	Dm 7,6	A 22.0	Dm 6,9	A 22.6	Dm 7,0	Da 17,2	U 18,0
„ 10	—		A 6,5	Dm 7,6	A 21,5	Dm 6.9	A 21.9	Dm 7,0	—	
„ 20	—		A 6,7	Dm 7,5	A 20,9	Dm 6.7	A 21.3	Dm 6,9	—	
„ 30	—		A 6,9	Dm 7.2	A 20 1	Dm 6,5	A 20.6	Dm 6,7	—	
Febr. 9	—		A 6,9	Dm 7,0	A 19,3	Dm 6 3	A 19.8	Dm 6.4	—	
„ 19	—		—		Da 18,5	Dm 6,0	A 19,1	Dm 6,1	—	
März 1	Da 18,7	U 19,2	—		Da 18,8	Dm 5,6	Da 18,7	Dm 5,8	—	

A = Aufgang; U = Untergang; Da und Dm = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

3. Jan. 20h M.E.Z. **Erde** der Sonne am nächsten. 8. Jan. 18h M.E.Z. **Jupiter** stationär.
22. Jan. 3h M.E.Z. **Mars** stationär. *Kohl.*